



УДК: 57.084.1+57.024

<https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2022-3-1-89-99>

## Формирование эмпирических понятий у приматов разных таксономических групп

И. Ю. Голубева<sup>✉1</sup>, Д. Л. Тихонравов<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова Минздрава России, 197341, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2

<sup>3</sup> Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН, 194223, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Тореза, д. 44

### Сведения об авторах

Инна Юрьевна Голубева, SPIN-код: [7581-4645](#), ResearcherID: [W-5106-2018](#), ORCID: [0000-0003-3698-9036](#), e-mail: [golubevaiu@infran.ru](mailto:golubevaiu@infran.ru)

Дмитрий Леонидович Тихонравов, SPIN-код: [9833-6270](#), Scopus AuthorID: [6602779957](#), ORCID: [0000-0002-8770-7118](#), e-mail: [d\\_tikhonravov@yahoo.com](mailto:d_tikhonravov@yahoo.com)

**Для цитирования:** Голубева, И. Ю., Тихонравов, Д. Л. (2022) Формирование эмпирических понятий у приматов разных таксономических групп. *Интегративная физиология*, т. 3, № 1, с. 89–99. <https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2022-3-1-89-99>

**Получена** 24 января 2022; прошла рецензирование 28 марта 2022; принята 29 марта 2022.

**Финансирование:** Исследование выполнено в рамках государственных заданий № 0134-2019-0005 (ИФ РАН) и № 075-00776-19-02 (ИЭФБ РАН) и поддержано грантом РФФИ № 20-015-00269.

**Права:** © И. Ю. Голубева, Д. Л. Тихонравов (2022). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

**Аннотация.** В литературе показаны разные принципы организации категорий у приматов, однако нет сравнительных данных относительно скорости формирования понятий и способности к суждению по аналогии у приматов разных таксономических групп. Цель работы — сравнительное исследование скорости формирования эмпирических понятий у полуобезьян (кошачьи лемуры), низших обезьян (макаки-резусы), малых антропоидов (белорукие гиббоны) и детей 4–5 лет и их способности к суждению по аналогии при формировании понятий. Исследование с нечеловеческими приматами проводили в жилых вольерах в условиях свободного доступа к выполнению задачи. Для детей методика адаптирована в виде игровой ситуации. У испытуемых формировали понятия с одним или двумя существенными признаками в условиях поиска подкрепляемого стимула среди одновременно предъявляемых четырех объектов. Установлено, что количество признаков не влияло на скорость обучения лемуров и макак, но было значимым для гиббонов и детей, что может быть связано с использованием разных стратегий обучения. Дети быстрее остальных участников формировали понятия на основе одного признака, т. к. могли действовать по аналогии при выполнении разных условий одной задачи, но теряли это преимущество при формировании понятия на основе двух признаков. Гиббоны испытывали трудности в ситуации переобучения, если требовался тормозный контроль ранее сформированных понятий. В условиях группового содержания и свободного доступа к выполнению задачи у лемуров и макак работали взрослые доминантные особи, а у гиббонов — только молодые животные. Применяемый подход позволил оценить способность на основании отдельных фактов сделать вывод об общих свойствах подкрепляемых объектов (индуктивная форма мышления) и на основании понимания правила в одном условии задачи сделать вывод в остальных условиях по аналогии (дедуктивная форма мышления) у полуобезьян, низших обезьян, малых антропоидов и ребенка в сравнительном аспекте.

**Ключевые слова:** нечеловеческие приматы, дети дошкольного возраста, формирование эмпирических понятий, суждение по аналогии, индуктивная функция рассудка, дедуктивная функция рассудка

# Formation of empirical concepts in primates of various taxonomic groups

I. Yu. Golubeva<sup>✉1</sup>, D. L. Tikhonravov<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, 6 Makarova Emb., Saint Petersburg 199034, Russia

<sup>2</sup> Almazov National Medical Research Centre, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 2 Akkuratova Str., Saint Petersburg 197341, Russia

<sup>3</sup> Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, Russian Academy of Sciences, 44 Thoreza Ave., Saint Petersburg 194223, Russia

## Authors

Inna Yu. Golubeva, SPIN: 7581-4645, ResearcherID: W-5106-2018, ORCID: 0000-0003-3698-9036, e-mail: golubevaiu@infran.ru

Dmitrii L. Tikhonravov, SPIN: 9833-6270, Scopus AuthorID: 6602779957, ORCID: 0000-0002-8770-7118, e-mail: d\_tikhonravov@yahoo.com

**For citation:** Golubeva, I. Yu., Tikhonravov, D. L. (2022) Formation of empirical concepts in primates of various taxonomic groups. *Integrative Physiology*, vol. 3, no. 1, pp. 89–99. <https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2022-3-1-89-99>

**Received** 24 January 2022; reviewed 28 March 2022; accepted 29 March 2022.

**Funding:** The research was carried out within the framework of state tasks No. 0134-2019-0005 (IF RAS) and No. 075-00776-19-02 (IEFB RAS) and supported by Russian Foundation for Basic Research (RFBR) grant No. 20-015-00269.

**Copyright:** © I. Yu. Golubeva, D. L. Tikhonravov (2022). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under [CC BY-NC License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

**Abstract.** Much has been written about categorization in primates. However, there is a dearth in comparative studies on the formation of concepts and faculty of judgement by analogy (the part of analogical reasoning) in primates of various taxonomic groups. Our study is a comparative investigation of the formation of empirical concepts and faculty of judgement by analogy in semi-monkeys (ring-tailed lemurs), Old World monkeys (rhesus macaques), small apes (white-handed gibbons) and children aged 4 to 5. The formation of empirical concepts included the ability to differentiate between different object features. Four images were presented per a trial. The number of features underlying a concept did not affect the formation of concepts in lemurs and macaques while it made a difference for gibbons and children. This might be due to the use of different learning strategies during the formation of concepts. The children were faster than the non-human subjects to form concepts based on one feature due to the faculty of judgement by analogy. However, they lost their advantage when the formation of the concept was based on two features. Gibbons had big difficulties when inhibitory control was necessary for inhibiting the previous concept to form a new one. The study focused on the inductive function of abstract thinking responsible for the formation of concepts based on one or two features and the deductive function of abstract thinking responsible for faculty of judgement by analogy in primates of various taxonomic groups.

**Keywords:** non-human primates, preschool children, formation of empirical concepts, faculty of judgement by analogy, inductive function of abstract thinking, deductive function of abstract thinking

## Введение

Формирование понятий — это форма мышления, которая отображает единичное и особенное, являющееся одновременно и всеобщим (Meshcheryakov, Zinchenko 2003). Формирование понятий можно рассматривать как базовый мыслительный акт, лежащий в основе познавательных способностей. Успешность адаптации у приматов во многом связана с понятийным мышлением, поэтому сравнительное изучение этого процесса у разных видов представляет интерес для понимания особенностей его развития в эволюции.

Формирование эмпирического понятия, как правило, начинается с метода проб и ошибок,

случайного процесса, который становится активным и целенаправленным, когда подключается рассудок. При этом можно выделить две формы движения мыслительного процесса: индуктивная форма — от частных фактов к общему выводу и дедуктивная форма — от общего положения к частным выводам. За счет индуктивной функции рассудка происходит сравнение объектов, активный поиск существенных признаков и их обобщение, что ведет к выработке понятия (генерализация). С помощью дедуктивной функции рассудка возможно отнести конкретный предмет к уже сформированному понятию (категоризация). Очевидно, что человек в большой степени получает готовые

знания, используя быстрый способ познания, тогда как животные в большей степени вынуждены накапливать личный опыт, изучая информацию.

Формирование понятий сопровождается образованием новых функциональных когнитивных структур — взаимодействующих нейронных сетей, в которых отображены разделительные признаки, существенные для категорий (Fuster 2006).

Существует много исследований, посвященных формированию понятий и категоризации у приматов (Fagot, Maugard 2013; Merritt et al. 2011; Smith et al. 2010; Vonk 2003 и др.); при этом показаны разные принципы организации категорий у приматов разных таксономических групп (Couchman et al. 2010; Katz, Wright 2021; Mansouri et al. 2020; Neiworth et al. 2014). Однако нет работ, позволяющих с использованием единого методического подхода количественно оценить способность на основании отдельных фактов сделать вывод об общих свойствах подкрепляемых объектов (индуктивная форма мышления), а также способность на основании понимания правила в одном условии задачи сделать вывод в остальных условиях по аналогии (дедуктивная форма мышления) у разных видов приматов.

Цель настоящей работы заключалась в проведении сравнительного исследования способности к формированию понятий разной степени сложности у трех видов нечеловеческих приматов: полуобезьян — кошачьих лемуруров, низших обезьян — макак-резусов и малых антропоидов — белоруких гиббонов, а также детей в возрасте 4–5 лет и оценке скорости формирования эмпирических понятий и способности к суждению по аналогии при выполнении разных условий понятия.

### Методика

Проведено сравнительное исследование способности к формированию эмпирических понятий у приматов с использованием разработанного на макаках-резусах экспериментального психологического подхода (Tikhonravov et al. 2018).

### Участники исследования

В исследовании участвовали три вида нечеловеческих приматов: три кошачьих лемура (две самки 5 и 10 лет и один самец 12 лет), восемь макак-резусов (четыре самца 1, 5, 4, 11 и 12 лет и четыре самки 1, 5, 5, 13 и 17 лет) и три белоруких гиббона (два самца 5 и 8 лет и одна самка 3 лет),

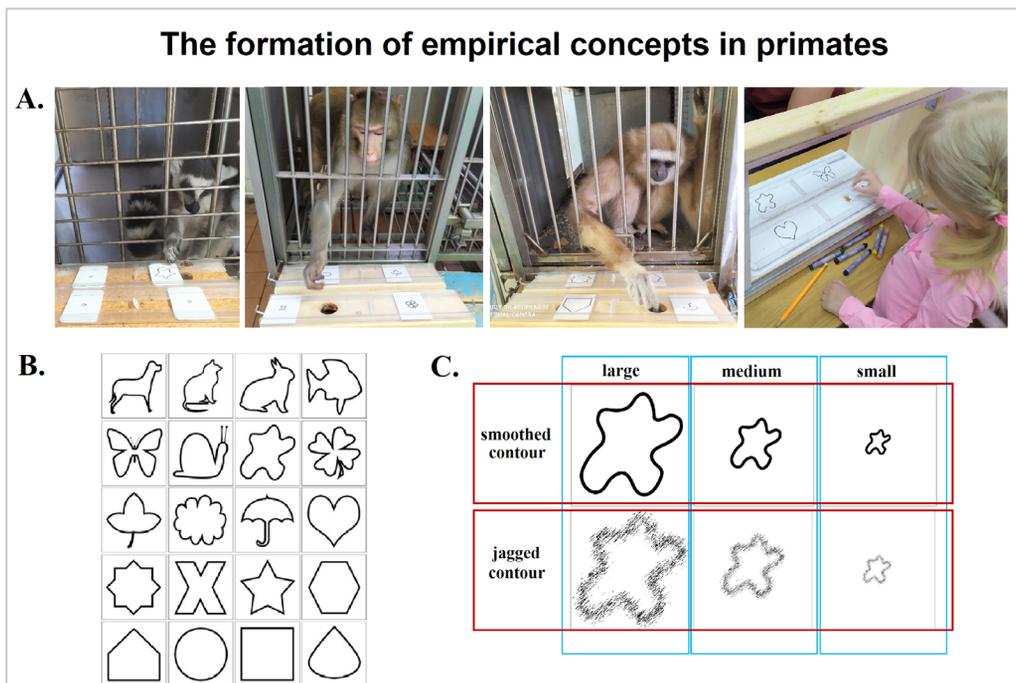


Рис. 1. Метод формирования понятий у приматов. А. Выполнение заданий приматами 4-х видов: кошачьи лемуры, макаки-резусы, белорукие гиббоны и дети 4–5 лет. В. Алфавит стимулов.

С. Шесть групп стимулов на примере стимула № 7

Fig. 1. The formation of concepts in primates. A. Tasks performed by four species of primates (ring-tailed lemurs, rhesus macaques, white-handed gibbons, and human children aged 4–5); B. The stimulus alphabet; C. Six varieties of stimuli based on stimulus 7

а также 15 детей в возрасте 4–5 лет, девять мальчиков и шесть девочек (рис. 1А).

Работу с макаками осуществляли на базе ЦКП «Биоколлекция ИФ РАН для исследования интегративных механизмов деятельности нервной и висцеральных систем». Эксперименты проводили в жилых клетках, где обезьяны содержались парами или по одному. Работа с лемурами и гиббонами проведена в Ленинградском зоопарке. Эксперименты проводили в небольшом отсеке жилого вольера, куда животные имели свободный доступ. Исследование с детьми проведено на базе д/с № 81 и д/с «Мирт» Санкт-Петербурга. От родителей каждого ребенка было получено письменное согласие.

#### *Стимулы и экспериментальная установка*

Стимулами служили пластиковые карточки размером 40 × 60 мм для лемуров и 60 × 80 мм для остальных участников. Карточки содержали контурные изображения различных объектов, которые отличались по форме контура (обычный контур и зубчатый контур) и размеру (большие — 100%, средние — 50% и малые — 25%). Алфавит стимулов содержал 20 разных образцов (рис. 1В), каждый из которых был представлен в шести вариантах: большие с обычным контуром, большие с зубчатым контуром, средние с обычным контуром, средние с зубчатым контуром, малые с обычным контуром и малые с зубчатым контуром (рис. 1С). Всего было 120 стимулов, что препятствовало запоминанию отдельных объектов.

Перед испытуемыми располагали установку, содержащую непрозрачный и прозрачный экраны, открывающие доступ к экспериментальной панели, на которой одновременно предъявляли четыре стимула. Стимулы фиксировали с помощью горизонтальных направляющих с возможностью свободного передвижения по ним (рис. 1А). Под каждым стимулом было углубление для подкрепления, под правильным объектом помещали подкрепление (пищевое для нечеловеческих приматов и цветные звездочки для детей). В каждом предъявлении все стимулы менялись и изменялось местоположение правильного объекта на панели.

#### *Поведенческая парадигма*

Испытуемые должны были самостоятельно, без инструкций, выявить определенную закономерность при выборе объектов и сформировать понятия без отнесения к конкретному изображению и (или) месту на экспериментальной панели. Подкрепление служило обратной

связью для выявления значимых признаков и их обобщения.

Последовательно вырабатывали несколько понятий: на основе одного признака — размер или форма контура (например, «большой», «меньший», «обычный контур», «зубчатый контур»), а также на основе сразу двух признаков — размер и форма контура (например, «большой с обычным контуром», «меньший с зубчатым контуром»).

В каждый экспериментальный день испытуемый получал 21 предъявление задания на формирование одного понятия в трех разных условиях (7 + 7 + 7), в которых стимулы были представлены в разных сочетаниях. Например, три условия формирования понятия «большой»: большой среди малых, большой среди средних, средний среди малых. Формирование понятия продолжали до тех пор, пока не будет достигнут 70% уровень правильных ответов по каждому условию, при этом понятие считалось сформированным, когда этот критерий достигнут для всех трех условий одного понятия в один экспериментальный день. После достижения критерия для одного понятия переходили к формированию следующего понятия.

#### *Анализируемые параметры*

- 1) Скорость формирования понятий — количество предъявлений ( $n$ ), необходимое для достижения 70% критерия по всем трем условиям (21 предъявление задания — 7 + 7 + 7) в один экспериментальный день.
- 2) Способность к суждению по аналогии при формировании понятий. Оценивали разность между минимальным и максимальным количеством предъявлений, необходимых для достижения критерия отдельно для разных условий одного понятия ( $\Delta n$ ). Например, при формировании понятия «большой», если испытуемый достигал критерия для одного условия (большой среди малых) и затем сразу переносил понимание отношений на другие два условия (большой среди средних и средний среди малых), то он был способен к суждению по аналогии при формировании понятия «большой» и  $\Delta n = 0$ . Чем больше значение  $\Delta n$ , тем менее выражена была способность к суждению по аналогии при формировании понятий.

## Статистическая обработка

Для анализа использовали статистический пакет программ StatSoft Statistica 10.0 с применением двухфакторного ANOVA и непарного t-теста.

## Результаты исследования

Решение экспериментальных задач для всех участников проходило в условиях свободного доступа к заданию, что позволило оценить состав групп на предмет их стремления к выполнению когнитивной задачи.

В группе лемуру работали доминантная и субдоминантная самки, низкоранговая самка и подросток не участвовали, а самец мог выполнять задания, только когда перекрывали доступ самок в экспериментальный отсек.

У макак работали все особи, при этом взрослые самцы отличались нестабильной работой и часто теряли мотивацию, а в случае совместного содержания с самками не давали

им возможности выполнять задания. Таким образом, взрослые самки участвовали только в условиях содержания без самцов. Наиболее мотивированными были молодые макаки.

У гиббонов работали только подростки, их родители не участвовали, но приходили в экспериментальный отсек и наблюдали за своими детьми.

Дети 4–5 лет имели высокую мотивацию к выполнению заданий.

Формирование одного понятия занимало от 1 до 23 экспериментальных дней. Учитывая небольшое количество участников в группе экзотических приматов, сравнительный анализ скорости формирования понятий выполнен по отдельным условиям каждого понятия. Двухфакторный ANOVA выявил значимый эффект фактора ВИД (лемуры, макаки, гиббоны, дети):  $F(3, 200) = 71,40$ ,  $p < 0,001$  и значимый эффект фактора ПОНЯТИЕ («размер», «форма контура», «размер и форма контура»):  $F(2, 200) = 21,47$ ,

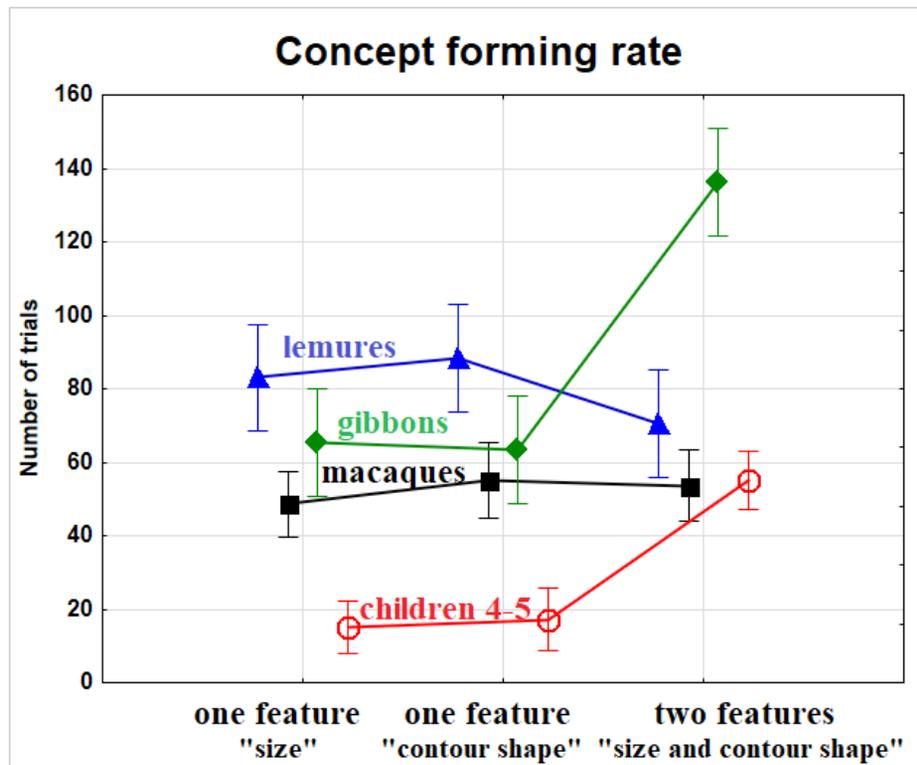


Рис. 2. Сравнительный анализ количества предъявлений (среднее арифметическое  $\pm$  95% доверительный интервал), необходимое для достижения 70% уровня правильных ответов при формировании понятий у приматов четырех видов: кошачьи лемуры, макаки-резусы, белорукие гиббоны и дети 4–5 лет.

По оси абсцисс — три понятия («размер», «форма контура», «размер и форма контура»), по оси ординат — количество предъявлений, необходимое для достижения 70% критерия

Fig. 2. Comparative analysis of trial numbers (mean + 95% CI) necessary to reach 70% correct answers during the formation of concepts in study subjects (four species of primates). X-axis: three concepts ("size", "contour shape" and "size of images and contour shapes"); Y-axis: trial numbers necessary to reach 70% correct answers

$p < 0,001$  на скорость обучения. Также наблюдалось взаимодействие этих двух факторов:  $F(6, 200) = 11,61$ ,  $p < 0,001$ , двухфакторный критерий ANOVA (рис. 2).

Характерно, что понятие «размер» и понятие «форма контура» (понятия на основе одного признака) не отличались по длительности у детей, гиббонов, макак и лемуров ( $p = 1,00$  для всех групп участников, тест Тьюки — Крамера). При этом для формирования понятий на основе одного признака детям требовалось достоверно меньше ( $p < 0,001$ ) предъявлений в сравнении со всеми нечеловеческими приматами. Среди последних достоверные различия проявились между макаками и лемурами ( $p < 0,05$  для понятий «размер» и «форма»). Отличия между макаками и гиббонами ( $p = 0,76$  и  $p = 1,00$ ) и между гиббонами и лемурами ( $p = 0,87$  и  $p = 0,42$ ) для понятий «размер» и «форма» не выявились (Protседury mnozhestvennykh proverok gipotez... 2013).

При формировании понятия «размер и форма контура» (понятие на основе двух признаков) гиббонам требовалось достоверно больше ( $p < 0,001$ ) предъявлений в сравнении с остальными участниками. Дети, макаки и лемуры не отличались

по скорости выработки этого понятия (дети vs макаки  $p = 1,00$ ; дети vs лемуры  $p = 0,79$ ; лемуры vs макаки  $p = 0,75$ , тест Тьюки — Крамера).

Характерно, что формирование понятия на основе одного и двух признаков не различалось по длительности у лемуров ( $p = 0,99$ ) и макак ( $p = 1,00$ ), однако выработка понятия на основе двух признаков требовала достоверно большего количества предъявлений у гиббонов ( $p < 0,001$ ) и детей ( $p < 0,001$ ) в сравнении с понятием на основе одного признака (тест Тьюки — Крамера).

Таким образом, при выполнении разных задач участники разделились следующим образом: понятия с одним признаком дети формировали быстрее, чем нечеловеческие приматы; понятия с двумя признаками гиббоны формировали дольше остальных участников; различия между понятиями с одним и двумя признаками были у детей и гиббонов, но отсутствовали у лемуров и макак.

Анализ способности к суждению по аналогии показал, что у лемуров наблюдались значительные различия в скорости обучения разным условиям как при формировании понятия на основе одного признака, так и двух признаков, при этом различий между понятиями по данному показателю не было

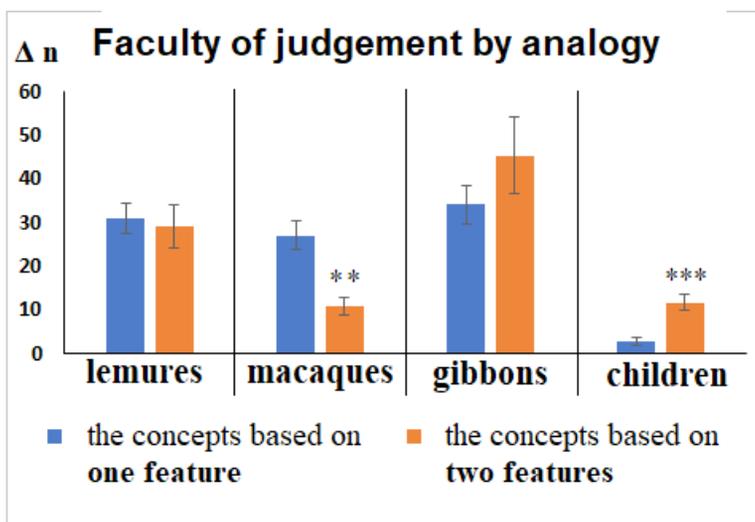


Рис. 3. Сравнительный анализ способности к суждению по аналогии (выполнение разных условий одного понятия) при формировании понятий с 1–2 признаками. По оси абсцисс: четыре вида участников, по оси ординат:  $\Delta n$  — разность между минимальным и максимальным количеством предъявлений, необходимых для достижения критерия по разным условиям одного понятия. Чем меньше  $\Delta n$ , тем более выражена способность к аналогии. Синие столбики — понятие на основе одного признака, красные — на основе двух признаков. Достоверные различия обозначены как \*\*  $p < 0,01$  и \*\*\*  $p < 0,001$  (непарный t-тест)

Fig. 3. Comparative data on faculty of judgement by analogy (the rate of performing different conditions of the same concept) during the formation of concepts based on one or two features. X-axis: four types of study subjects; Y-axis: delta of n is the difference between the maximum and minimum number of trials necessary to achieve the 70% criterion for different conditions during the formation of a concept. The smaller the delta of n, the higher the level of faculty of judgement by analogy reasoning. Blue columns are concepts based on one. Red columns are concepts based on two features. Significant differences (\*\*— $p < 0.01$  and \*\*\*— $p < 0.001$ ) were determined using the unpaired two-tailed t-test

(непарный t-тест:  $t = 0,26$ ,  $df = 10$ ,  $p = 0,8$ ). Сходные результаты были обнаружены у гиббонов (непарный t-тест:  $t = 0,96$ ,  $df = 10$ ,  $p = 0,36$ ). Таким образом, у этих участников способность к суждению по аналогии при формировании данных понятий не выявлена (рис. 3).

У макак также были различия между разными условиями при формировании понятий, однако выявлены достоверные различия между понятиями на основе одного и двух признаков (непарный t-тест:  $t = 3,30$ ,  $df = 18$ ,  $p < 0,01$ ), при этом показатель  $\Delta n$  уменьшался с увеличением количества существенных признаков понятия.

У детей при формировании понятия на основе одного признака практически не было различий в скорости обучения разным условиям, однако при формировании понятия на основе двух признаков такие различия появились. Понятия с одним и двумя существенными признаками достоверно различались по показателю  $\Delta n$  (непарный t-тест:  $t = 4,64$ ,  $df = 36$ ,  $p < 0,001$ ).

Таким образом, у макак и детей способность к суждению по аналогии при формировании понятий на основе одного или двух признаков различалась, при этом различия имели разнонаправленный характер (рис. 3).

### Обсуждение результатов

Проведенное исследование посвящено изучению способности к формированию эмпирических понятий у полуобезьян, низших обезьян, малых антропоидов и детей 4–5 лет в сравнительном аспекте.

Используемый нами методический подход имеет ряд преимуществ:

- Не требуется предварительное обучение и инструкции, в отличие от таких широко используемых в психологических исследованиях тестов, как Висконсин тест, тест Когана, тест Равена и др. (Churrov 2013; Mansouri et al. 2020). Это позволяет сравнивать приматов разных таксономических групп, а также применять данный тест у детей с особенностями развития.
- Используется поисковое поведение, что является экологически адекватным для приматов.
- Ответом служит двигательная реакция — сдвигание стимула, открывающее подкрепление, что обеспечивает высокую мотивацию.
- Прикосновение к стимулу способствует концентрации внимания на его особенностях, что увеличивает скорость обучения (Katz et al. 2002).

- Одновременно предъявляются четыре стимула, что позволяет сравнивать несколько объектов в каждом предъявлении. Сравнение способствует выявлению отношений между стимулами и делает обучение активным и целенаправленным процессом (Gentner, Hoynos 2017). Кроме этого, вероятность случайного угадывания составляет 25%, поэтому каждый ответ несет больше информации для испытуемого.

В условиях относительно свободного содержания у нечеловеческих приматов в ряду полуобезьяны — низшие обезьяны — малые антропоиды отмечалась тенденция смещения стремления к выполнению задачи, связанной с поиском подкрепления, к более молодому возрасту. Так, в условиях группового содержания у лемуров и макак работали доминантные взрослые особи (самки у лемуров и самцы у макак), а у гиббонов — особи подросткового возраста. Характерно, что дети и гиббоны использовали ситуацию эксперимента в социальных целях: гиббоны демонстрировали свои способности находить подкрепление своим родителям во время эксперимента, а дети собирали и использовали для этих целей найденные «сокро-вища» (подкрепление).

Оценивали длительность формирования понятий разной степени сложности и способность к суждению по аналогии.

В сравнительных исследованиях, связанных с категоризацией, часто или не уделяется внимание различиям в длительности обучения между видами (Couchman et al. 2010; de Lillo et al. 2005; Mansouri et al. 2020; Neiworth et al. 2014), или показаны огромные различия между человеком и обезьянами (Katz et al. 2002; Smith et al. 2010). Большое количество проб в упомянутых выше работах, с нашей точки зрения, можно объяснить необходимостью категоризации стимула без предварительного формирования понятий. Однако категоризация стимулов связана с дедуктивным способом мышления, которое должно опираться на сформированное понятие. Если человек может использовать быстрый способ познания, так как в большой степени получает готовые знания, то животным в большей степени приходится изучать информацию и накапливать личный опыт, используя более медленный способ познания. Это важно учитывать в сравнительных исследованиях при сопоставлении длительности обучения человека и нечеловеческих приматов.

В наших экспериментах участники должны были формировать понятия. Выполнение

заданий, как правило, начиналось методом проб и ошибок, т. е. случайного процесса, который становится активным и целенаправленным за счет сравнения одновременно предъявляемых объектов, выявления существенных для понятия признаков и их обобщения.

Дети быстрее остальных участников формировали понятия на основе одного признака, при этом некоторые из них делали это практически сразу. Мы предполагаем, что они уже владели понятиями «размер» и «форма контура», и у них происходила лишь актуализация этих понятий. Сравнив четыре одновременно предъявленных стимула, ребенок мог, минуя этап проб и ошибок, соотнести подкрепляемые стимулы с этими понятиями с помощью дедуктивной функции рассудка. В отличие от детей, все обезьяны обучались на основе метода проб и ошибок и формировали эмпирические понятия за счет индуктивной функции рассудка. Характерно, что практически все дети были способны к суждению по аналогии при выполнении разных условий понятия на основе одного признака, но теряли это преимущество при формировании понятия на основе двух признаков. Нечеловеческие приматы каждое условие понятия выполняли как новую задачу, не проявляя способности к суждению по аналогии.

Установлено, что количество существенных для понятия признаков не влияло на скорость обучения лемуров и макак, но было значимым для гиббонов и детей, что может быть связано с использованием разных стратегий. В литературе описаны различия между людьми и макаками в использовании разных стратегий обучения: аналитической, сознательной стратегии, основанной на правилах, и интуитивной, подсознательной стратегии, связанной с многомерным вниманием и обнаружением общего сходства (Ashby, O'Brien 2005; Couchman et al. 2010; Zakrzewski et al. 2018). Мы предположили, что полуобезьяны и низшие обезьяны при формировании понятий полагались скорее на общее сходство стимулов, при этом количество существенных для данного понятия признаков не имело значения, тогда как малые антропоиды и дети искали значимые признаки объекта, т. е. правило нахождения подкрепляемых стимулов; при этом найти одно правило легче, чем два.

Хотя у нечеловеческих приматов способность к суждению по аналогии не выявлена, у макак, в отличие от лемуров и гиббонов, отмечалось снижение разницы между количеством предъявлений, необходимых для достижения критерия по разным условиям понятия на основе двух

признаков, в сравнении с понятием с одним признаком. Таким образом, для макак, вероятно, легче обнаружить общее сходство между условиями, когда подкрепляемые объекты имеют больше различий.

У детей, напротив, увеличение количества существенных признаков понятия вело не только к увеличению длительности обучения, но и к снижению способности к суждению по аналогии, что согласуется с другими исследованиями (Richland et al. 2006), согласно которым дополнительные уровни сложности отношений затрудняют аналогическую обработку. Так, дети 3–4, 6–7, 9–11 и 13–14 лет совершали больше ошибок в определении отношений между объектами в состоянии «два отношения», чем в состоянии «одно отношение», и особенно ярко это проявлялось для младшего возраста.

Согласно литературным данным, отображение множественных отношений критически зависит от областей префронтальной коры, связанных с обеспечением управляющих функций (Alekseev, Rupchev 2010; Luria 2002). Есть мнение, что формирование понятий осуществляется на более ранних стадиях обработки зрительной информации, а префронтальные отделы необходимы для переключения внимания между измерениями (Mansouri et al. 2020). Нейроны префронтальной коры кодируют текущие цели и правила и облегчают избирательную обработку информации и планирование действий в соответствии с задачей (Paneri, Gregoriou 2017).

В нашем исследовании у гиббонов наблюдались наиболее выраженные различия в скорости обучения между понятиями с одним и двумя существенными признаками. По данным литературы, у гиббонов хорошо развит неокортекс, но анатомия лобной доли разделяет человекообразных обезьян и гиббонов (Cunningham, Mootnick 2009). Когнитивные способности гиббонов часто интерпретируются как плохие, хотя бывают случаи, когда их способности сопоставимы с высшими обезьянами (Cunningham et al. 2006). В нашем эксперименте гиббоны успешно формировали понятия на основе признаков «размер» и «форма контура», однако понятие на основе сразу двух существенных признаков представляло для них большую сложность в сравнении с лемурами, макаками и детьми. Можно предположить, что по стратегии формирования понятий гиббоны ближе к детям, чем остальные участники, однако значительно уступают детям в когнитивной гибкости, что может быть связано с развитием

префронтальной коры. Мы предполагаем, что именно понимание правила, согласно которому ранее они находили подкрепление, не давало возможности изменить свое поведение и пере-строиться на новую задачу.

Таким образом, приматы разных таксономических групп разделились по способности к формированию понятий разной степени сложности: простые понятия с одним признаком дети формировали быстрее остальных участников, а сложные понятия с двумя признаками гиббоны формировали дольше всех остальных участников. При этом различия в скорости выработки простых и сложных понятий были у детей и гиббонов, но отсутствовали у макак и лемуров, а различия в способности к суждению по аналогии наблюдались только у детей и макак и имели разнонаправленный характер.

Применяемый подход позволил оценить способность на основании отдельных фактов сделать вывод об общих свойствах подкрепляемых объектов (индуктивная форма мышления) и на основании понимания правила в одном условии задачи сделать вывод в остальных условиях по аналогии (дедуктивная форма мышления) у полуобезьян, низших обезьян, малых антропоидов и человека в сравнительном аспекте. Полученные результаты могут свидетельствовать о том, что на ранних этапах эволюции на уровне полуобезьян и низших обезьян преобладала индуктивная функция абстрактного мышления (рассудка), связанная с образным восприятием и процедурным обучением. В ходе последующей эволюции на уровне малых антропоидов и человека происходил постепенный сдвиг к преобладанию дедуктивной функции рассудка, связанной с рассуждениями и правилами и возможностью быстрого обучения за счет суждения по аналогии.

### Выводы

- 1) Различия в скорости формирования понятий на основе одного и двух существенных признаков наблюдались только у детей и гиббонов: с увеличением количества признаков скорость выработки понятия снижалась, что может быть связано со стратегией, основанной на поиске правил. У макак и лемуров различий не было, что может быть связано со стратегией поиска общего сходства объектов.
- 2) Различия в способности к суждению по аналогии при формировании понятий на основе одного и двух существенных

признаков наблюдались только у детей и макак и имели разнонаправленный характер: у детей с увеличением количества признаков эта способность снижалась, а у макак повышалась.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

### Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

### Соответствие принципам этики

Работа выполнена в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» с поправками 2013 г., а также в соответствии с этическими стандартами Директивы Европейского Союза 86/609/ЕЕС о защите животных, используемых в экспериментальных и других научных целях.

### Ethics Approval

The work was carried out in accordance with the ethical standards of the WMA Declaration of Helsinki “Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects” as amended in 2013, and in accordance with the ethical standards of the European Union Directive 86/609/EEC on the Protection of Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes.

### Вклад авторов

- а. И. Ю. Голубева — проведение исследования; анализ данных; подготовка рукописи;
- б. Д. Л. Тихонравов — разработка концепции и проведение исследования.

### Author Contributions

- a. I. Yu. Golubeva performed research and data analysis, prepared the manuscript;
- b. D. L. Tikhonravov developed the study concept and performed research.

## Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу детского сада № 81 и д/с «МИРТ» (Санкт-Петербург, Россия) и сотрудникам отдела «Приматы» Ленинградского зоопарка. Наши персональные благодарности директору Ленинградского зоопарка Ирине Сергеевне Скиба и руководителю научного отдела Елене Владимировне Агафоновой за поддержку нашей исследовательской программы.

## Acknowledgements

The authors would like to extend gratitude to the staff of kindergartens No 81 and MIRT (Saint Petersburg, Russia). We are also thankful to the staff of the Primates Department of the Leningrad Zoo. In particular, we would like to thank Ms. Elena V. Agafonova (Head of the Research Department) and Ms. Irina S. Skiba (Director) of the Leningrad Zoo for their support of our research programme.

## References

- Alekseev, A. A., Rupchev, G. E. (2010) Ponyatie ob ispolnitel'nykh funktsiyakh v psikhologicheskikh issledovaniyakh: Perspektivy i protivorechiya [The notion of executive functions in psychological studies: Perspectives and contradictions]. *Psikhologicheskie issledovaniya: elektronnyj nauchnyj zhurnal*, vol. 3, no. 12. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.54359/ps.v3i12.903> (accessed 18.01.2022). (In Russian)
- Ashby, F. G., O'Brien, J. B. (2005) Category learning and multiple memory systems. *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 9, no. 2, pp. 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.003> (In English)
- Chuprov, L. F. (2013) Psikhodiagnosticheskiy nabor dlya issledovaniya intellektual'noj nedostatochnosti u detej mladshogo shkol'nogo vozrasta (kratkoe prakticheskoe posobie dlya psikhologov po ispol'zovaniyu diagnosticheskoy batarei) [Diagnostic kit for study of mental deficiency in children of primary school age (a brief practical guide for psychologists on the use of diagnostic battery)]. *PEM: Psychology. Educology. Medicine*, no. 1–2, pp. 108–163. (In Russian)
- Couchman, J. J., Coutinho, M. V. C., Smith, J. D. (2010) Rules and resemblance: Their changing balance in the category learning of humans (*Homo sapiens*) and monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Experimental Psychology-Animal Behavior Processes*, vol. 36, no. 2, pp. 172–183. <https://doi.org/10.1037/a0016748> (In English)
- Cunningham, C. L., Anderson, J. R., Mootnick, A. R. (2006) Object manipulation to obtain a food reward in hoolock gibbons, *Bunopithecus hoolock*. *Animal Behaviour*, vol. 71, no. 3, pp. 621–629. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.05.013>. (In English)
- Cunningham, C., Mootnick, A. (2009) Gibbons. *Current Biology*, vol. 19, no. 14, pp. R543–R544. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.05.013> (In English)
- De Lillo, C., Spinozzi, G., Truppa, V., Naylor, D. M. (2005) A comparative analysis of global and local processing of hierarchical visual stimuli in young children (*Homo sapiens*) and monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, vol. 119, no. 2, pp. 155–165. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.119.2.155> (In English)
- Fagot, J., Maugard, A. (2013) Analogical reasoning in baboons (*Papio papio*): Flexible reencoding of the source relation depending on the target relation. *Learning and Behavior*, vol. 41, pp. 229–237. <https://doi.org/10.3758/s13420-012-0101-7> (In English)
- Fuster, J. (2006) The cognit: A network model of cortical representation. *International Journal of Psychophysiology*, vol. 60, no. 2, pp. 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.12.015> (In English)
- Gentner, D., Hoyos, C. (2017) Analogy and abstraction. *Topics in Cognitive Science*, vol. 9, no. 3, pp. 672–693. <https://doi.org/10.1111/tops.12278> (In English)
- Katz, J. S., Wright, A. A. (2021) Issues in the comparative cognition of same/different abstract-concept learning. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, vol. 37, pp. 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.06.009> (In English)
- Katz, J. S., Wright, A. A., Bachevalier, J. (2002) Mechanisms of same/different abstract-concept learning by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Experimental Psychology-Animal Behavior Processes*, vol. 28, no. 4, pp. 358–368. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.28.4.358> (In English)
- Luria, A. R. (2002) *Osnovy neropsikhologii [Fundamentals of Neuropsychology]*. Moscow: Moscow State University Publ., 374 p. (In Russian)
- Mansouri, F. A., Buckley, M. J., Fehring, D. J., Tanaka, K. (2020) The role of primate prefrontal cortex in bias and shift between visual dimensions. *Cerebral Cortex*, vol. 30, no. 1, pp. 85–99. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhz072> (In English)
- Merritt, D., MacLean, E., Crawford, J., Brannon, E. (2011) Numerical rule-learning in ring-tailed lemurs (*Lemur catta*). *Frontiers in Psychology*, vol. 2, article 23. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00023> (In English)
- Meshcheryakov, B. G., Zinchenko, V. P. (eds.). (2003) *Bol'shoj psikhologicheskij slovar' [Big Dictionary of Psychology]*. Moscow: Prajm-Evroznak Publ., 632 p. (In Russian)

- Neiworth, J. J., Whillock, K. M., Kim, S. H. et al. (2014) Gestalt principle use in college students, children with autism, toddlers (*Homo sapiens*), and cotton top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Journal of Comparative Psychology*, vol. 128, no. 2, pp. 188–198. <https://doi.org/10.1037/a0034840> (In English)
- Paneri, S., Gregoriou, G. (2017) Down control of visual attention by the prefrontal cortex. Functional specialization and long-range interactions. *Frontiers in Neuroscience*, vol. 11, article 545. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00545> (In English)
- Protsedury mnozhestvennykh proverok gipotez: kriterij T'yuki [Multiple Hypothesis Test Procedures: Tukey's Test]. (2013) *Analiz i vizualizatsiya dannykh [Data analysis and visualization]*. [Online]. Available at: [https://r-analytics.blogspot.com/2013/10/blog-post\\_19.html](https://r-analytics.blogspot.com/2013/10/blog-post_19.html) (accessed 15.01.2022). (In Russian)
- Richland, L. E., Morrison, R. G., Holyoak, K. J. (2006) Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. 94, no. 3, pp. 249–273. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.02.002> (In English)
- Smith, J. D., Beran, M. J., Crossley, M. J. et al. (2010) Implicit and explicit category learning by macaques (*Macaca mulatta*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, vol. 36, no. 1, pp. 54–65. <https://doi.org/10.1037/a0015892> (In English)
- Tikhonravov, D. L., Dubrovskaja, N. M., Zhuravin, I. A. (2018) Sravnitel'nyj analiz protsessa formirovaniya ponyatij razmera i formy u nizshikh obez'yan (*Macaca mulatta*) [The notions of size and shape in old world monkeys: A comparative analysis of the formation process]. *Zhurnal evolyutsionnoj biokhimii i fiziologii — Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, vol. 54, no. 3, pp. 205–211. (In Russian)
- Vonk, J. (2003) Gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) and orangutan (*Pongo abelii*) understanding of first- and second-order relations. *Animal Cognition*, vol. 6, pp. 77–86. <https://doi.org/10.1007/s10071-003-0159-x> (In English)
- Zakrzewski, A. C., Church, B. A., Smith, J. D. (2018) The transfer of category knowledge by macaques (*Macaca mulatta*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, vol. 132, no. 1, pp. 58–74. <https://doi.org/10.1037/com0000095> (In English)