

Российский журнал Когнитивной науки

Том 1
№ 3
Сентябрь 2014

WWW.COGJOURNAL.RU

ISSN 2313-4518



WWW.COGJOURNAL.ORG

Vol. 1
No. 3

September 2014

The Russian Journal of
COGNITIVE SCIENCE

The Russian Journal of Cognitive Science

<http://www.cogjournal.org/>

ISSN 2313-4518

Russian mass media certificate:

СМИ ЭЛ ФС 77 – 57220

Registered publisher: Ekaterina V. Pechenkova

Editorial office address: Yaroslavskaia ulitsa

13, office 229, 129366 Moscow, Russia

e-mail: info@cogjournal.org

Articles are distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Editor-in-Chief: Ekaterina V. Pechenkova

Editorial Board:

Tatiana V. Akhutina,
Mira B. Bergelson,
Olga V. Dragoy,
Varvara E. Dyakonova,
Maria V. Falikman,
Olga V. Fedorova,
Andrej A. Kibrik,
Andrei V. Kurgansky,
Dmitry V. Lyusin,
Regina I. Machinskaya,
Boris G. Meshcheryakov,
Vladimir F. Spiridonov,
Igor S. Utochkin,
Anna Yu. Shvarts,
Sergei L. Shishkin,
Nataliya A. Varako,
Roza M. Vlasova

English copy editor: Kelly Callahan

Layout designer: S. M. Zlochevsky

Cover design: E. D. Akopian, A. A. Akopian

Российский журнал КОГНИТИВНОЙ НАУКИ

<http://www.cogjournal.ru/>

ISSN 2313-4518

Свидетельство о государственной
регистрации СМИ ЭЛ № ФС 77 – 57220

Учредитель: Е.В. Печенкова

Адрес редакции: 129366 Москва,

ул. Ярославская, д. 13, офис 229

e-mail: info@cogjournal.org

Статьи доступны по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](#), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этих статей на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Главный редактор Е. В. Печенкова

Редакционный совет:

Т. В. Ахутина,
М. Б. Бергельсон,
Н. А. Варако,
Р. М. Власова,
О. В. Драгой,
В. Е. Дьяконова,
А. А. Кибрик,
А. В. Курганский,
Д. В. Люсин,
Р. И. Мачинская,
Б. Г. Мещеряков,
В. Ф. Спиридонов,
И. С. Уточкин,
М. В. Фаликман,
О. В. Федорова,
А. Ю. Шварц,
С. Л. Шишкин

Литературный редактор
английской версии: Келли Кэллахэн

Компьютерная вёрстка: С. М. Злочевский
Дизайн обложки: Е. Д. Акопян, А. А. Акопян.

Contents

Nika Adamian, Maria Kuvaldina. Be Prepared: The Effect of Expectations on Inattentional Blindness	4
Abstract in Russian	11
Mariam Bangura. The Influence of Anxiety on Students' Performance in Mathematical Problems Solving (in Russian)	13
Abstract in English	17
Olga D. Shmonina, Vasiliy O. Klaiman, Anastasiia I. Fedorova, Andrey A. Chetverikov. Memory Access in the Tip-of-the-Tongue State (in Russian).....	18
Abstract in English	29
Inga I. Poletaeva, Zoya A. Zorina. A Genetic Approach to the Study of Simple Cognitive Abilities in Animals	31
Abstract in Russian	51
Olga Aleksandrovna Korolkova. XXXVII European Conference on Visual Perception (in Russian)	56
Abstract in English	59
Maria Falikman, Olga Fedorova, Anna Shvarts. 6th International Conference on Cognitive Science in Kaliningrad, Russia (in Russian)	60
Abstract in English	65

Оглавление

Ника Адамян, Мария Кувалдина. Будь готов: влияние ожидания на слепоту по невниманию (на английском языке).....	4
Аннотация статьи на русском языке	11
Мариам Бангура. Влияние тревоги на успешность решения задач студентами	13
Аннотация на английском языке.....	17
Ольга Дмитриевна Шмони́на, Василий Олегович Клайман, Анастасия Ильинична Федорова, Андрей Анатольевич Четвериков. «Чувство на-кончике-языка» как маркер наличия доступа к забытому слову	18
Аннотация на английском языке.....	29
Инга Игоревна Полетаева, Зоя Александровна Зорина. Исследование простой формы когнитивных способностей животных: генетические подходы (на английском языке)	31
Аннотация статьи на русском языке	51
Ольга Александровна Королькова. XXXVII Европейская конференция по зрительному восприятию	56
Аннотация на английском языке.....	59
Мария Фаликман, Ольга Федорова, Анна Шварц. Шестая международная конференция по когнитивной науке	60
Аннотация на английском языке.....	65

Be Prepared: The Effect of Expectations on Inattentional Blindness

Nika Adamian

Laboratoire Psychologie de la Perception, Université Paris Descartes, Paris, France

Maria Kuvaldina

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract. The influence of expectation on inattentional blindness (IB) was investigated using a lexical-based IB task. In two experiments, 235 participants performed word compilations from briefly presented letters and combinations of letters with an unexpected syllable appearing in one of the trials. In Experiment 1, we varied the frequency and grammatical form of the presented words, evaluating the role of “general” and “contextual” expectations. The results showed the effect of frequency but not of the grammatical form of the words. Experiment 2 controlled for the role of the state of completion of the word compilation in generating “contextual” expectations. We varied two factors: the state of completion of the word compilation during the onset of a new stimulus, and the role of the new stimulus in problem solving. Only the state of completion proved to be a significant factor for the occurrence of inattentional blindness.

Correspondence: Nika Adamian, nika.adamian@parisdescartes.fr, Université Paris Descartes, 45, Rue des Saints-Pères, 75006 Paris, France

Keywords: attention, inattentional blindness, expectations, context, relevancy

Copyright © 2014. Nika Adamian, Maria Kuvaldina. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgments. Preparation of the article is supported by the grant of President of Russia № MK-6068.2013.6 to Maria Kuvaldina. The authors would like to thank Maria Falikman for her inspirational comments on the design of the study and two anonymous reviewers for valuable input and suggestions.

Received 10 August 2014, accepted 18 September 2014.

Introduction

Inattentional blindness (IB) refers to the inability to notice a salient item when your attention is engaged in some other task, and is a good example of how our attention can depend on our expectations (Mack & Rock, 1998; Most et al., 2001; Most, Scholl, Clifford, & Simons, 2005; Koivisto & Revonsuo, 2006; White & Davies, 2008; Koivisto & Revonsuo, 2007; Most, 2013; Beanland & Pammer, 2010; Simons, 2010). Experimental procedures involving IB presume that the participant is only aware of the task that he or she is performing at the moment. A new item that appears during a single trial is not likely to be attributed to this task and hence not likely to be noticed.

Mack and Rock, in their seminal book (1998), tested whether IB can occur due to the irrelevancy (lack of expectations) of an extra item that is presented

in the middle of an attention-demanding task. When there was no attention-demanding task, participants were able to perceive a new item even when they did not have any expectations about the time of its appearance (Mack & Rock, 1998, p. 205–206). In contrast, when participants did not know whether anything could change in the stimuli set, they tended not to notice extra items (Mack & Rock, 1998, p. 207). The authors concluded that IB could depend on the lack of expectations of “what” but not of “when”.

A series of works by Most claimed that attention set (perceptual and/or semantic) is a key factor for IB (Most et al., 2001; Most et al., 2005). The earlier article showed that perceptual similarity of the extra item to the targets is an important factor that reduces IB levels up to six percent (Most et al., 2001, p. 12, Fig. 2). Although these data showed a clear influence of the perceptual relevance on IB level, it was not supported by experiments

in which the extra item shared a similar color, both with targets and distractors (Koivisto & Revonsuo, 2006). It was also shown that strong sustained IB was present even when the extra item did not contain any of the colors included in the attended stimuli or distractors (Koivisto & Revonsuo, 2006).

Semantic set of attention also influences the level of IB. In another experiment by Koivisto and Revonsuo (2007), participants were shown four images or words representing pieces of furniture or animals. Participants were asked to recognize the objects. On the “critical” trial, an extra item that was either relevant or irrelevant to the current object recognition category appeared in the center of the display. It was found that despite the perceptual irrelevance (incongruence, such as a word among pictures or a picture among words), the semantic relevance (congruence) decreased IB level (Koivisto & Revonsuo, 2006). This result is supported by a study which varied the set of attention between two perceptually similar but conceptually different categories. Participants were more likely to notice an extra item when it belonged to the same category as the targets (Most, 2013).

White and Davies (2008) have shown that numerical expectations about the number of items presented in the main task can also influence IB level. If the number of items presented matched the expected amount of targets, the IB level was higher than in trials when the expected amount of targets was overestimated.

Previous knowledge about the phenomenon of IB does not seem to influence IB level if it is not given right before the experiment on IB (Beanland & Pammer, 2010; Simons, 2010). These two studies showed that general knowledge about IB and even previous experience with the same experimental paradigm (as in Simons, 2010) does not help participants to notice the extra item. Only those participants who were informed about the IB-inducing procedure right before the experiment were able to use this information to reduce the IB effect (Beanland & Pammer, 2010). Moreover, years of professional expertise also do not prevent IB, as shown by Drew, Vö, and Wolfe (2013).

Thus, IB clearly depends on the expectations of what will happen in the task, with semantic relevancy playing an even more important role than perceptual relevancy. However, different types of expectations were never tested within the same experimental paradigm. The present study aimed to evaluate the contribution of various types of expectations to IB. Experiment 1 tested the role of “general” expectations (the probability of an event) and “contextual” expectations (probability of an event in the given context) raised by the task performed. Experiment 2 tested whether the strength of “contextual” expectations corresponds to the completeness of the task at hand. We used lexical stimuli to ease the manipulation of expectations. In addition, we tested two types of IB measurement: verbal report and usage of the extra item in the main task.

Experiment 1

Previous studies have used lexical material to increase the familiarity of stimuli (as in Mack & Rock, 1998) or to bind images and pictures with the same meaning (as in Koivisto & Revonsuo, 2006). We used a scrambled words task in order to manipulate different types of expectations: how frequent the word is in the Russian National Corpus, and how a solution is grammatically apparent in a given context. The task of unscrambling a word made it possible to present extra letters (equivalent to the extra item or “critical stimulus” in the previous studies of IB), which could either be included in the response or omitted. This procedure provided us with an extra measurement of IB: apart from the verbal report on whether the participant had noticed the extra item, we could also assess whether the extra item was included in the solution.

In the first experiment, we tested whether the corpus frequency and grammatical form of words modulate the levels of IB towards the parts of these words. We assumed that corpus frequency represents “general knowledge” of the likelihood of the word being seen or used. Conversely, grammatical form is defined by the context in which the word is used. When solving the lexical task, it is natural to expect a word in its dictionary form (nominative case singular). Thus, we used low corpus frequency and altered grammatical forms in order to test whether violation of participants’ expectations leads to a change in the probability of noticing new stimuli. Additionally, we aimed to compare the sensitivity of the proposed IB measurements (verbal report and usage of the extra letters).

Method

132 Russian-speaking students at St. Petersburg State University volunteered for participation in the study (94 female, 16 – 39 years old, $M = 23$). All of them were self-reported native speakers of Russian. Participants were randomly assigned to one of the three conditions. The experiment was run as a between-subject design.

Stimuli

We chose the paradigm used in Mack and Rock’s (1998) research as a framework for our experimental design. In Mack and Rock’s procedure, participants were given the task of discriminating between longer and shorter arms of a cross presented foveally for 200 ms. The image of the cross was masked for 1500 ms before the next trial proceeded. After several practice trials, a “critical” trial started when a small black item was presented in one of the quadrants of the cross within 2.3° from the fixation point. After the “critical” trial, the participant was asked to report not only which of the arms of the cross was longer but also whether there was something else present besides the cross. For the purposes of the present study, we kept timing and spatial characteristics of presentation the same but changed the stimuli sets. Instead of the cross we presented a scrambled word, consisting of several syllables in black text. The task was to unscramble the word and write it down after each trial. The extra item was a syllable of a light grey color that could either be added to the word or left unused. We labeled a word that could be composed

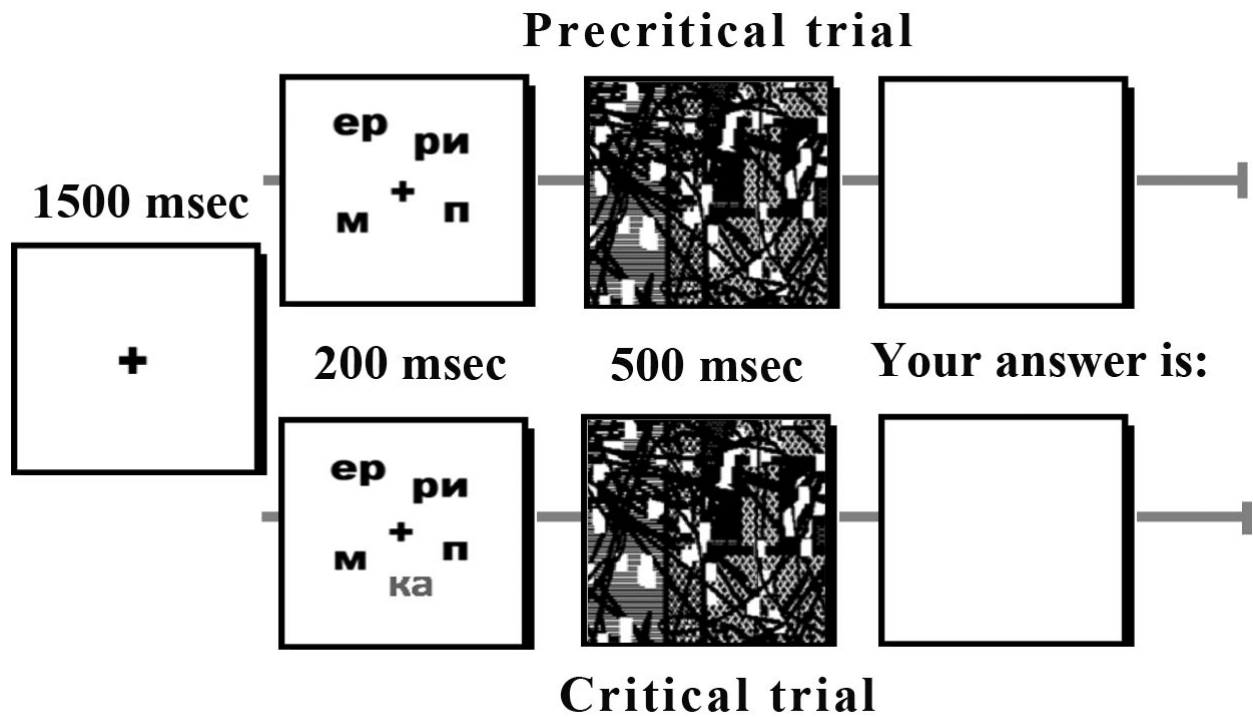


Figure 1. Order of trial events in Experiment 1. Each trial started with a fixation cross presented for 1500 ms. Black letters (in “precritical” trials) or the same black letters with the extra grey syllable (in the “critical” trial) appeared for 200 ms. Then the image was masked and the response window appeared. The next trial started immediately after the response.

out of scrambled black syllables «Word 1» and a word that could be composed out of syllables in both black and grey print «Word 2».

There were three experimental groups. Each group was presented with the same word for the main task (Word 1). The factor that varied across groups was the extra syllable (“critical stimulus”) presented on the last, “critical” trial. This additional syllable allowed the transformation of Word 1 into Word 2. Word 2 could be a low frequency word (violation of “general” expectations), a word in genitive case plural (violation of “contextual” expectations) or a word in the dictionary form matched to Word 1 in terms of frequency (baseline condition). Altogether, each participant completed four “precritical” trials during which only Word 1 was presented in the scrambled form, followed by one “critical” trial, in which the extra syllable was added allowing Word 2 to be composed.

Word 1 in all the conditions was the Russian word “ПРИМЕР” (meaning “example”). In the baseline condition, the additional syllable “НО” transformed it into Word 2 “ПРИМЕРНО” (“approximately”). The low-frequency Word 2 that was used for another condition was “ПРИМЕРКА” (“fitting”). According to the New Frequency Vocabulary of Russian Words (Lyashevskaya & Sharov, 2008), Word 1 (“ПРИМЕР”) has a frequency of about 87.39 instances per million (ipm), baseline Word 2 (“ПРИМЕРНО”) has a frequency of 95.64 ipm, and the low-frequency Word 2 (“ПРИМЕРКА”) occurs 1.75 ipm. Thus, the latter word is used considerably less by native Russian speakers.

Lastly, the word “ПРИМЕРОВ” could be composed from the syllables in the third group. The extra syllable “ОВ” made Word 2 no less frequent than Word 1 “ПРИМЕР”. Essentially, it is the same word in genitive case plural.

However, the solution became contextually unexpected, as it is usual for solutions to word games, such as crosswords or anagrams, to be words in nominative case.¹

Procedure

The sequence of trial events is described in Figure 1. Each trial started with a fixation cross presented for 1500 ms. Participants were instructed to maintain fixation throughout the trial. Syllables in black letters 0.2° wide and 0.3° high were presented for 200 ms. They were randomly distributed across the display within 4° around the fixation point, but their positions and identity did not change from trial to trial. After that, a pattern mask covered the whole display for 500 ms followed by the response window. The participants were asked to respond by typing in a word they could assemble from the presented letters. There was no time limit for the response. The participants were advised that a correct answer could be any Russian word regardless of the part of speech, and that the same word could be presented twice or more. In the absence of a confident response, participants were encouraged to enter their best guess. Four trials with only black letters (“precritical” trials, in which Word 1 was presented) were followed by the “critical” trial, in which the extra item unexpectedly appeared. It was a medium-grey syllable that was presented at a distance 3.6° from the fixation point. After the “critical” trial, participants were asked if they noticed any stimuli that were in some way different from the majority of the stimuli presented.

¹ In English, a similar example could be given if we assume that the main word was “CORN”. The first group could add the syllable “ER” and thus compose the task-congruent and highly frequent word “CORNER”. The second group could add the syllable “EA” to make the word “CORNEA”, a low-frequency but still task-congruent word. The third group could compose the word “CORNERED” with the help of the extra syllable “ED”, which makes the task incongruent (unusual for the lexical task).

The experiment was presented on a Sony VAIO laptop using Superlab 4.0 software (Cedrus, Phoenix, Arizona) under Windows 7. Stimuli were presented against a white background. Participants were seated at the distance of 50 cm from a 13.5" monitor with 60 Hz refresh rate. Each participant performed five trials: four trials with Word 1 and one "critical" trial with Word 2.

We considered those participants who did not use the extra syllable and did not report to have noticed it to be inattentively blind. However, failure to notice the new syllable in the "critical" trial could only be considered inattentive blindness if all the other letters had been seen in the "precritical" trials. Hence, the results of the participants who failed to solve the anagram before the extra syllable appeared were excluded from analysis.

Planned analyses included the comparison of the IB levels in low frequency group and the grammatical form change group to the baseline, in order to evaluate the role of "general" and "contextual" expectations, respectively, on the probability of noticing the additional stimulus. Besides this, we were interested in deciding whether the use of the extra item in the response could be used as an online measure of IB. We aimed to compare IB rates measured by the conventional criterion (verbal report) and by the new criterion. If the new criterion proved to be as sensitive as the conventional criterion, it could complement the existing IB procedure and allow us to collect more data per participant, since using the extra item in the response, unlike verbal report, does not necessarily lead to any "division of attention".

Results

Data analyses comprised chi-square tests. The results of the experiment are presented in Table 1. Data of 57 participants were excluded from the analysis as they failed to solve Word 1. The high drop-off rate is a problem of the current design and it was addressed in Experiment 2. However, this drop-off was equally high in all three groups. The data of 44 participants per condition were collected, resulting after the exclusion in sample sizes of 22, 28, and 25 participants in the low frequency, baseline and grammar form change groups, respectively. The majority of these participants (44%) first entered the correct answer on the last "precritical" trial, and this tendency did not differ across the three groups. As the exclusion criteria were set before the start of data analysis and the sample size after exclusion was big enough according to the statistical power tests, we carried on with the analysis of the current dataset.

Condition	Non-noticers (verbal report)	Non-noticers (response in the last trial)	Sample size (after exclusion)
Low frequency	17 (77.2%)	11 (50%)	22
Baseline	7 (23%)	13 (46.4%)	28
Grammatical form change	13 (52%)	11 (44%)	25

Table 1. The results of Experiment 1. Percentage of non-noticers across conditions (measured by verbal report and by using the extra item in the response).

First, we carried out the planned analyses using the conventional IB criterion – verbal report. On average, the procedure induced IB in 50.6% of participants. In the baseline condition, only 23% of participants were inattentively blind. In the low frequency group, 77.2% of participants were affected. The difference reached statistical significance and the effect size was large ($\chi^2(1) = 13.49, n = 50, p < .0001, phi = .52$), suggesting that word frequency is an important predictor of IB in the current task. In the grammatical form change group, 52% of participants were considered inattentively blind, compared to 77.2% in the baseline condition. However, this trend was not statistically significant ($\chi^2(1) = 4.1, n = 53, p = .053$). Thus, no considerable effect of grammatical form was detected.

Next we tested whether the same pattern of results was obtained using the response in the last trial as an IB criterion. The differences between the groups turned out not to be statistically significant ($\chi^2(2) = 0.17, n = 75, p = .1$), suggesting that the new criterion was not as sensitive as the conventional one.

The results of Experiment 1 showed that corpus frequency ("general" expectation factor) but not the expectedness of the particular grammatical form ("contextual" expectation factor) predicted IB rate. One possible explanation for the latter result is that the procedure we used always implied unscrambling Word 1 prior to the "critical" trial. White and Davies (2008) showed that fulfilment of expectations regarding the number of items on the screen triggers IB. Simons (2010) also suggested that the phenomenon of "satisfaction of search" (Fleck et al., 2010) can be related to IB. Similarly, in our results the predicted decrease in IB rate due to narrowed "contextual" expectations might have been overridden by the fact that the main task is solved and no further stimulation is expected. Experiment 2 tested this assumption by using pseudowords alongside real words in the lexical IB task.

Experiment 2

Experiment 2 aimed to further explore the potential sources of expectations in the IB task. Based on the results obtained in Experiment 1, we hypothesized that regardless of the relevance of the extra item (i.e., whether it might possibly be used to solve the task at hand), the mere state of having or not having solved the task generates expectations about the forthcoming stimulation (i.e., whether more information is needed to solve the task). Thus, as soon as the task is solved (or considered to be solved), no more stimuli are expected, and the probability of IB towards any stimulus is high. Alternatively, if the task is not yet solved, expectations are not yet fulfilled and new stimuli are likely to be noticed.

We attempted to simulate this process using real words and pseudowords as Word 1. The task of unscrambling a real word always has a solution, whereas in the case of a pseudoword the task is impossible to solve. We assumed that an attempt to unscramble a pseudoword would yield stronger expectations of new stimuli than the successful unscrambling of a real word. Since these expectations are not specific to the stimuli

and are generated merely by the process of solving the task, we call them “expectations driven by the task”. We also manipulated the relevance of the extra item by making Word 2 either a word or a pseudoword, so that the extra item could or could not be used to solve the task. Since in this case the identity of letters in Word 1 was important for generating expectations, we called this factor “expectations driven by the stimuli”. Additionally, in order to obtain the baseline IB level in the absence of expectations discussed above, we designed a control task, in which digits were presented as Word 1 and letters were used as extra items. In this case, no expectations towards letters could possibly be generated, as the participants were engaged in the task of merely identifying digits. We used this control condition to evaluate the role of “general context”.

Method

180 Russian-speaking students at Saint Petersburg State University (123 female, 17-36 years old, $M = 22$) participated in the experiment in exchange for a monetary reward or course credit). All of them were self-reported native speakers of Russian. The experiment was run as a between-subjects design.

Stimuli

There were five conditions to which participants were randomly assigned. In groups 1 through 4, we varied the possibility of composing the whole word during “precritical” trials (when only black letters are presented) and the possibility of composing the word in the “critical” trial using two extra letters. It was considered possible to unscramble the word (either Word 1 or Word 2) if the stimulus consisted of a real word, and it was impossible to unscramble the word if the stimulus was made of a pseudoword. Thus, with the addition of an extra syllable, the task could either change its solvability (word-to-pseudoword or vice versa) or maintain it (word-to-word, pseudoword-to-pseudoword). This extra syllable was the same for all five groups.¹ The scheme of the experiment (with English analogues of Russian words used) is shown in Figure 2. The last group accomplished a control task: they were presented with an array of digits instead of Word 1. They were presented with the same syllable on a “critical” trial as the other groups, but instead of solving the lexical task they performed identification of the stimuli presented. Thus, contrary to the other groups, they were not expecting a letter stimulus at all.

Procedure

Trial events remained the same as in Experiment 1. The only difference was that we omitted the mask in order to make Word 1 easier to unscramble and decrease the drop-off rate. For the same purpose, we introduced practice trials. During practice, participants were presented with scrambled words or pseudowords. Practice words and pseudowords were three to six letters long and did not share any letters

¹ The first group was presented with a word “КОФЕ” that could be changed to a word “КОФЕИН”. The second group was presented with a word “СЛОЙ” that could be changed to a non-word “СЛОЙИН”. The third group was presented with a non-word “ЛОВР” that could be changed to a non-word “ЛОВРИН”. The fourth group was presented with a non-word “КУВШ” that could be changed to a word “КУВШИН”.

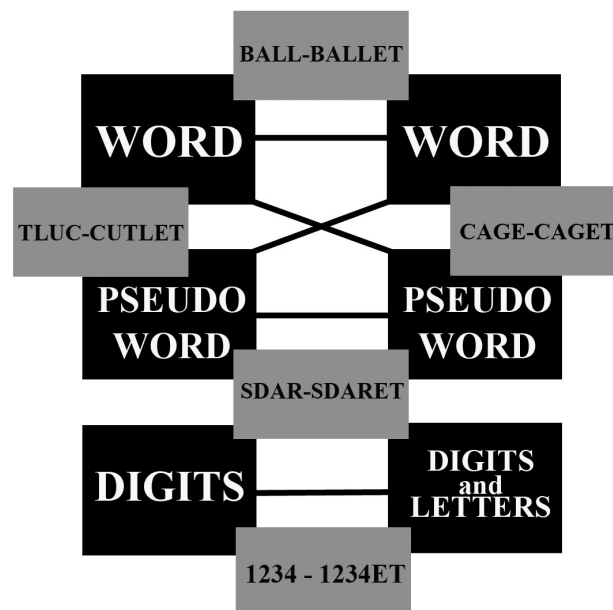


Figure 2. Conditions used in Experiment 2. Figure should be read clockwise starting with the top left corner. Black boxes represent types of Word 1 and Word 2; lines represent conditions. Example stimuli are given in grey boxes on top of the relevant black boxes.

with Word 1 or Word 2. In order not to create any expectations regarding the number of repetitions of stimuli, we presented the same practice stimuli in one to four consecutive trials. The practice stage consisted of 13 trials and was followed by three “precritical” trials and one “critical” trial when the extra syllable was presented. The participants were not aware of the structure of the experiment. Each participant performed 17 trials in total.

The task for the participants in groups 1 through 4 was exactly the same as in Experiment 1. Participants assigned to group 5 were asked to report all the stimuli they saw in no particular order.

Verbal report was used to judge whether participants were inattentionally blind.

Results

Data from 20 participants were excluded from the analysis because they failed to unscramble Word 1. In the groups where Word 1 was a pseudoword or a set of digits, we excluded the data of those participants who failed to report all the symbols of Word 1 in any order. As in Experiment 1, the drop-off rate and performance in “precritical” trials were uniform across groups. Data from 36 participants per group were collected, resulting in group sizes of 31 to 33 participants at the analysis stage (see Table 2 for exact group sizes after exclusion). Word 1 was entered correctly for the first time in the “precritical” trial number 3 by 52% of participants.

The experiment aimed to ascertain the effect of i) expectations driven by the task (having solved the task before the “critical” trial), ii) expectations driven by stimuli (being able to solve the task using the extra item), and iii) overall context (type of stimuli) on IB rate. The results of the experiment are shown in Table 2. As predicted, the highest IB rate was reached in the control condition with the digit identification task (88%). The lowest IB rate was obtained in the condition where both Word 1 and Word 2 were pseudowords (45%).

Condition (Word1→Word2)	Percentage of non-noticers	Sample size (after exclusion)
Word → Word	64%	32
Word → Pseudoword	48%	32
Pseudoword → Word	51%	33
Pseudoword → Pseudoword	45%	31
Digits → Digits and Letters	88%	32

Table 2. The results of Experiment 2. Percentage of non-noticers across conditions (measured by verbal report).

In order to assess the role of different kinds of expectations, we performed a binary logistic regression entering three factors into the model: expectations driven by the task, expectations driven by the model and general context. We constructed these factors according to the type of Word 1 and Word 2 presented in each of the conditions. If Word 1 was an unsolvable pseudoword, we assumed that it generated “expectations driven by the task”. If Word 2 was a real word, we assumed that “expectations driven by the stimuli” were generated. Finally, if Word 1 was composed of letters as opposed to digits, we assumed that “general context” was created. The model with three factors was statistically significant ($\chi^2(3) = 19.34, p < .001$) but explained only 16% of the variance in the data (Nagelkerke R^2), so overall the factors accounted for a modest amount of variation. However, the model correctly classified 64.4% of cases. Expectations driven by the task and overall context added statistical significance to the prediction (Wald(1) = 0.86, $p = .033$ and Wald(1) = - 2, $p = .001$ respectively). However, expectations driven by stimuli did not contribute significantly to the model (Wald(1) = - 0.07, $p = .86$). In summary, the results showed that fulfilment of expectations about the task before the extra item appears indeed increases IB rates.

Discussion

The aim of the study was to test the effects of different types of expectations on IB. We developed a novel experimental paradigm (“lexical” IB), which enabled us to introduce the manipulation of expectations into a recognition task and to get insight on how such expectations are formed. The results of Experiment 1 demonstrate that IB can be successfully observed in such a task. Furthermore, data showed that a word frequency effect, commonly mentioned in linguistics studies (see Monsell, 1991, for a review), is also present in the previously untested domain of IB. Experiment 2 further extended the results of Experiment 1, showing that the impact of context on IB crucially depends on whether the main task is considered solved, but less so on the immediate relevance of the “critical” item.

There were two criteria of IB used in the experiment: a conventional one which implies that the participant has at least perceived the extra item, and another that implies the usage of the extra item in the main task performance. The new criteria proved to be inefficient in the word scrambling task. It could be due to the difference in represen-

tations needed to fulfill the two criteria. The verbal report on the extra item requires some vague perception of an extra item. Simons (2007) mentions that despite the saliency of the item (i.e., a man in a gorilla suit) “...observers might have had some awareness of the gorilla, or they might have had momentary awareness of some furry object, even if they failed to report noticing anything unusual.” (Simons et al., 2007, p. 213). The usage of the extra item in the task of unscrambling words actually requires at least some control over the process of anagram solving (unscrambling) and an ability to switch between versions of the task solution in favor of the one that includes the extra item. Control over performance happened to be less sensitive to expectation manipulations in comparison with the gist of the stimuli set with the extra item. We nonetheless believe that it would be possible to use online measures for IB in other tasks. It will help to run larger studies using fewer participants to gain insight into the interplay between attention and awareness.

The interplay between attention and expectation is a much debated topic. As stated by Summerfield and Egnor (2014), “expectation” is a statistical probability of a sensory event, whereas “attention” is its motivational relevance. The majority of previous IB studies manipulated “attention set” (e.g., perceptual similarity of main and “critical” objects) but did not consider probability effects. In fact, there is no straightforward way to study these effects, largely because IB can only be detected once per participant. Our paradigm could be considered a possible way to study probability effects on IB through manipulating the probability of the stimuli occurring together (“general” expectation factor, or word frequency effect) and the probability of a search for additional stimuli (“contextual” expectation factor, or task solving effect). Interestingly, when probability (expectation) and attention (relevance) were manipulated orthogonally, we did not find strong enough evidence for the contribution of relevance, which is not in line with previously reported effects. One possible explanation for this inconsistency is that our task posed extreme demands on processing capacities of the visual system. This was necessary for the expectation effect to emerge, but it may as well complicate attention-related processes. Furthermore, we did not aim to study attention set for lexical stimuli, which may be considerably different from attention set for perceptual features extensively described in the IB literature.

The present study was largely inspired by experiments on numerical expectations in IB. White and Davies (2008) proposed that by using numerical expectations, the participant “makes decision as to whether the processing is complete”. However, numerical expectations seem to be of an artificial nature. We do not normally count objects in our visual field and neither are we prompted regarding their number. Experiment 2 is based on a similar idea – that having solved the task, participants decide that processing is complete – however, it uses a much more ecological situation. The results of Experiment 2 are in line with the results on numerical expectations. It is thus possible that the participants’ decision to terminate processing could be elicited by a much more complicated evaluation than a simple match between the number of expected and presented stimuli.

Conclusion

Our study aimed to elucidate the role of various types of expectations by comparing their influence on the probability of IB. The results showed that fulfilment of expectations about the task indeed increases IB rates. The present study is not the first to find that we are sensitive to expectations and their violations, even if attention is diverted elsewhere (see Summerfield & Egner, 2014 for a review). Our findings, though, show that whether or not a new, unexpected stimulus will be noticed depends more on the need for more information than on the motivation to find a particular stimulus. As such, when you are presented with an IB task, be aware that it will not only be about your attention.

References

- Beanland, V., & Pammer, K. (2010). Gorilla watching: Effects of exposure and expectations on inattentive blindness. In *ASCS09: Proceedings of the 9th Conference of the Australasian Society for Cognitive Science* (pp. 12–20).
- Drew, T., Vö, M. L. H., & Wolfe, J. M. (2013). The invisible gorilla strikes again: sustained inattentive blindness in expert observers. *Psychological Science*, *24*(9), 1848–1853. doi: [10.1177/0956797613479386](https://doi.org/10.1177/0956797613479386)
- Fleck, M. S., Samei, E., Mitroff, S. R. (2010). Generalized “satisfaction of search”: Adverse influences on dual-target search accuracy. *Journal of Experimental Psychology Applied*, *16*, 60–71. doi: [10.1037/a0018629](https://doi.org/10.1037/a0018629)
- Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2007). How meaning shapes seeing. *Psychological Science*, *18*(10), 845–849. doi: [10.1111/j.1467-9280.2007.01989.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01989.x)
- Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2008). The role of unattended distractors in sustained inattentive blindness. *Psychological Research*, *72*(1), 39–48. doi: [10.1007/s00426-006-0072-4](https://doi.org/10.1007/s00426-006-0072-4)
- Lyashevskaya, O., & Sharov, S. (2009). *The frequency dictionary of modern Russian language*. Moscow: Azbukovnik.
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattentive blindness*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Monsell, S. (1991). The nature and locus of word frequency effects in reading. In D. Besner & G. W. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum (pp. 148–197).
- Most, S. B. (2013). Setting sights higher: category-level attentional set modulates sustained inattentive blindness. *Psychological research*, *77*(2), 139–146. doi: [10.1007/s00426-011-0379-7](https://doi.org/10.1007/s00426-011-0379-7)
- Most, S. B., Scholl, B. J., Clifford, E. R., & Simons, D. J. (2005). What you see is what you set: sustained inattentive blindness and the capture of awareness. *Psychological review*, *112*(1), 217–242. doi: [10.1037/0033-295X.112.1.217](https://doi.org/10.1037/0033-295X.112.1.217)
- Most, S. B., Simons, D. J., Scholl, B. J., Jimenez, R., Clifford, E., & Chabris, C. F. (2001). How not to be seen: The contribution of similarity and selective ignoring to sustained inattentive blindness. *Psychological Science*, *12*(1), 9–17. doi: [10.1111/1467-9280.00303](https://doi.org/10.1111/1467-9280.00303)
- Simons, D. J. (2010). Monkeying around with the gorillas in our midst: familiarity with an inattentive-blindness task does not improve the detection of unexpected events. *i-Perception*, *1*(1), 3–6. doi: [10.1068/i0386](https://doi.org/10.1068/i0386)
- Simons, D. J., Hannula, D. E., Warren, D. E., & Day, S. W. (2007). Behavioral, neuroimaging and neuropsychological approaches to implicit perception. *The Cambridge handbook of consciousness* (pp. 207–250). doi: [10.1017/CBO9780511816789.010](https://doi.org/10.1017/CBO9780511816789.010)
- Summerfield, C. & Egner, T. (2014). Attention and decision-making. In A.C. Nobre & S. Kastner (Eds.), *The Oxford Handbook of Attention*. Oxford University Press (chapter 29, pp.837–864). doi: [10.1093/oxfordhb/9780199675111.013.018](https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199675111.013.018)
- White, R. C., & Davies, A. A. (2008). Attention set for number: expectation and perceptual load in inattentive blindness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *34*(5), 1092–1107. doi: [10.1037/0096-1523.34.5.1092](https://doi.org/10.1037/0096-1523.34.5.1092)

Будь готов: влияние ожидания на слепоту по невниманию

Ника Адамян

Университет Париж Декарт, Париж, Франция

Мария Кувалдина

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Влияние фактора ожидания на слепоту по невниманию (СН) исследовалось с помощью лексической задачи, вызывающей СН. Испытуемые составляли слова из предъявленных на короткое время буквосочетаний, часто не замечая, что в одной из проб появлялся новый, отличающийся от других стимул. Было проведено два эксперимента, общая выборка составила 235 человек. В Эксперименте 1 исследовалась роль «генерализованных» и «контекстных» ожиданий путем варьирования частотности и грамматической формы предъявляемых слов. Эксперимент 2 был проведен для контроля влияния степени завершенности составления слова на формирование «контекстных» ожиданий. Оценивалась роль двух факторов: степени завершенности составления слова в момент появления нового стимула и релевантности нового стимула текущей задаче. Лишь первый фактор оказался значимым предиктором СН.

Контактная информация: Ника Адамян, nika.adamian@parisdescartes.fr, Université Paris Descartes, 45, Rue des Saints-Pères, 75006 Paris, France.

Ключевые слова: внимание, слепота по невниманию, ожидания, контекст, релевантность.

© 2014 Ника Адамян, Мария Кувалдина. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution”](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) («Атрибуция») 4.0. всемирная, согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Статья написана при поддержке гранта Президента России № МК-6068.2013.6. Авторы выражают глубокую благодарность М.В.Фаликман за важный вклад в планирование исследования и рецензентам за комментарии к черновикам статьи.

Статья поступила в редакцию 10 августа 2014 г. Принята в печать 18 сентября 2014 г.

Литература

Ляшевская О. Н., Шаров С. А. Новый частотный словарь русской лексики. М.: Азбуковник, 2009.

Beanland V., Pammer K. Gorilla watching: Effects of exposure and expectations on inattention blindness // ASCS09: Proceedings of the 9th Conference of the Australasian Society for Cognitive Science. 2010. P. 12–20.

Drew T., Võ M.L.H., Wolfe J.M. The Invisible gorilla strikes again sustained inattention blindness in expert observers // Psychological Science. 2013. Vol. 24. N 9. P. 1848–1853. doi: [10.1177/0956797613479386](https://doi.org/10.1177/0956797613479386)

Fleck M.S., Samei E., Mitroff S.R. Generalized “satisfaction of search”: Adverse influences on dual-target search accuracy // Journal of Experimental Psychology Applied. 2010. Vol. 16. P. 60–71. doi: [10.1037/a0018629](https://doi.org/10.1037/a0018629)

Koivisto M., Revonsuo A. How meaning shapes seeing // Psychological Science. 2007. Vol. 18. N 10. P. 845–849. doi: [10.1111/j.1467-9280.2007.01989.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01989.x)

Koivisto M., Revonsuo A. The role of unattended distractors in sustained inattention blindness // Psychological Research. 2008. Vol. 72. N 1. P. 39–48. doi: [10.1007/s00426-006-0072-4](https://doi.org/10.1007/s00426-006-0072-4)

Mack A., Rock I. Inattention blindness. Cambridge, MA: The MIT Press, 1998.

Monsell S. The nature and locus of word frequency effects in reading // D. Besner & G.W. Humphreys (Eds.), Basic processes in reading: Visual word recognition. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1991. P. 148–197.

Most S.B. Setting sights higher: category-level attentional set modulates sustained inattention blindness // Psychological research. 2013. Vol. 77. N 2. P. 139–146. doi: [10.1007/s00426-011-0379-7](https://doi.org/10.1007/s00426-011-0379-7)

Most S.B., Scholl B.J., Clifford E.R., Simons D.J. What you see is what you set: sustained inattention blindness and the capture of awareness // Psychological review. 2005. Vol. 112. N 1. P. 217–242. doi: [10.1037/0033-295X.112.1.217](https://doi.org/10.1037/0033-295X.112.1.217)

Most S.B., Simons D.J., Scholl B.J., Jimenez R., Clifford E., Chabris C.F. How not to be seen: The contribution of similarity and selective ignoring to sustained inattention blindness // Psychological Science. 2001. Vol. 12. N 1. P. 9–17. doi: [10.1111/1467-9280.00303](https://doi.org/10.1111/1467-9280.00303)

Simons D.J. Monkeying around with the gorillas in our midst: familiarity with an inattentional-blindness task does not improve the detection of unexpected events // *i-Perception*. 2010. Vol. 1. N 1. P. 3–6. doi: [10.1068/i0386](https://doi.org/10.1068/i0386)

Simons D.J., Hannula D.E., Warren D.E., Day S.W. Behavioral, neuroimaging and neuropsychological approaches to implicit perception // *The Cambridge handbook of consciousness*. 2007. P. 207–250. doi: [10.1017/CBO9780511816789.010](https://doi.org/10.1017/CBO9780511816789.010)

Summerfield C., Egnér T. Attention and decision-making // A.C. Nobre, S. Kastner (Eds.), *The Oxford Handbook of Attention*. Oxford University Press, 2014. Chapter 29, p. 837–864. doi: [10.1093/oxfordhb/9780199675111.013.018](https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199675111.013.018)

White R.C., Davies A.A. Attention set for number: expectation and perceptual load in inattentional blindness // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2008. Vol. 34. N 5. P. 1092–1107. doi: [10.1037/0096-1523.34.5.1092](https://doi.org/10.1037/0096-1523.34.5.1092)

■ краткие сообщения ■

Влияние тревоги на успешность решения задач студентами

Мариам Бангура

Российский государственный гуманитарный университет

Аннотация. В эксперименте оценивалась успешность решения математических задач студентами ($N = 32$) в зависимости от эмоциональной окраски текста задачи и периода проведения эксперимента: во время сессии, когда студенты предположительно испытывают тревогу, и в течение семестра. Влияния именно тревоги на процесс мышления не было обнаружено, однако были выявлены эффекты, связанные с текстом задач и временем, в которое проводился эксперимент. В частности, студенты успешнее справились с задачами, в которых было положительно окрашенное содержание, в течение семестра, чем во время сессии.

Контактная информация: marb@mail.ru, Российский государственный гуманитарный университет, 125993 ГСП-3, Москва, Миусская площадь, д. 6.

Ключевые слова: мышление, эмоции, тревога, сессия, конгруэнтность, студенты, позитивное и негативное содержание задач.

© 2014 Мариам Бангура. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 4.0. всемирная, согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Статья поступила в редакцию 20 июля 2014 г. Принята в печать 20 сентября 2014 года.

Исследования связи эмоциональной и познавательной сфер

Вопрос о неразрывности эмоциональных и познавательных процессов был затронут психологами еще в первой половине XX века. Например, Л. С. Выготский высказывал идеи о единстве интеллекта и аффекта (Выготский, 1982). Однако интерес к данной сфере исследования особенно возрос в 1980-ые годы. Странники развивающегося функционализма в психологии (Kitayama, Niedenthal, 1994) указали на то, что познавательные процессы служат для приспособления человека к среде, как биологической, так и социальной. Таким образом, их участие в адаптации не сводится лишь к переработке информации, но оказывается намного шире. При таком понимании когнитивных процессов мотивация и эмоции должны быть исключены из списка побочных переменных и стать равноправными объектами исследования, чье влияние на процесс познания должно быть обязательно учтено.

Благодаря этому было выявлено множество эффектов, связанных с влиянием эмоций на познавательные процессы, в частности, и на мышление. Конкретно на творческое мышление продуктивно влияют положительные эмоции, которые способствуют появлению оригинальных ассоциаций (Isen et al., 1985) и успешному решению творческих задач (Isen et al., 1987). О. К. Тихомировым, изучавшим мышление шахматистов, было установлено, что эмоциональная активация влияет на мыслительную деятельность, способствуя обнаружению правильного решения инсайтных задач (Тихомиров, 1984).

Также были проведены исследования, посвященные связи тревоги и когнитивных процессов. В работе М. Леона и В. Ревелля (Leon, Revelle, 1985), где изучалось влияние тревоги на рабочую память, было установлено, что тревожные испытуемые в стрессовых ситуациях быстрее, но менее точно дают ответ на задание, в отличие от испытуемых с низкой тревожностью. В спокойной обстановке тревожные испытуемые склонны выполнять задания медленнее и также менее

точно, по сравнению с нетревожными людьми. В другом исследовании было обнаружено, что у тревожных испытуемых когнитивные процессы протекают менее продуктивно, нежели у людей с низкой тревожностью, так как первые прикладывают слишком много усилий для достижения цели, что приводит к нерациональной трате ресурсов организма и снижению контроля внимания (Bishop, 2009).

Для целей данной статьи наибольший интерес представляет эксперимент Г.Бауэра, С.Гиллигэна и К.Монтейро (Bower, Gilligan, Monteiro, 1981), посвященный исследованию взаимодействия эмоций и памяти, на основе процедуры которого мы изучали влияние тревоги на мышление. Авторы предположили, что лучше запомнится та информация, которая будет конгруэнтна по эмоциональной окраске эмоциональному состоянию испытуемого. В их исследовании испытуемые при помощи гипноза вводились в радостное или грустное состояние, после чего им зачитывался рассказ, героями которого были веселый, удачливый студент Эндрю и грустный, неудачливый Джек (соответственно предложения про Эндрю были веселыми, а про Джека — грустными). В небольшом количестве в тексте также присутствовали нейтральные предложения. После прочтения рассказа испытуемых выводили из гипноза и просили воспроизвести рассказ. Гипотеза подтвердилась: «грустные» испытуемые смогли вспомнить больше предложений про Джека, а «веселые» — про Эндрю.

Приверженцы теории аффективного прайминга полагают, что эмоции открывают доступ к той информации из семантической и эпизодической памяти, которая им соответствует. Поэтому информация, конгруэнтная возникшей эмоции, с большей вероятностью будет вовлечена в процесс мышления. Например, П. Ниденталь и М. Сеттерлунд (Niedenthal, Setterlund, 1994) обнаружили, что если эмоциональное состояние человека конгруэнтно эмоциональной окраске стимула (обычно являющегося словом), то и реакция на этот стимул будет быстрее. К тому же конгруэнтность эмоционального состояния человека эмоциональной окраске стимула в момент его восприятия или заучивания способствовала лучшему запоминанию (Bower et al., 1981; Leight, Ellis, 1981).

С точки зрения эволюции, данный механизм позволяет быстрее получать доступ к нужной информации при повторном возникновении ситуации. Так, если данная информация помогла преодолеть ситуацию в прошлый раз, то и в этот она может оказаться полезной.

В нашем исследовании мы использовали процедуру Г. Бауэра, С. Гиллигэна и К. Монтейро (Bower, Gilligan, Monteiro, 1981) для изучения связи эмоций с мышлением, а конкретно — влияния тревоги на продуктивность мыслительного процесса. С этой целью процедура была модифицирована.

Во-первых, наши испытуемые-студенты не вводились в гипноз для индуцирования эмоций. Мы использовали для этого экзаменационную тревожность, поэтому одна из серий эксперимента проводилась в период сессии, другая — в течение семестра.

Во-вторых, испытуемые не слушали текст про веселого и грустного студента, так как это само по себе не актуализировало бы мыслительный процесс, а решали математические задачи с различающимися сценариями: «позитивным» (в условии речь шла, например, о студентах, успешно сдавших экзамен) и «негативным» (о провалившихся студентах).

Несмотря на то, что во многих работах выявлялось негативное влияние тревоги на протекание когнитивных процессов, мы опираемся на результаты исследования Бауэра, так как на нем основан наш эксперимент. Мы хотим проверить, повлияют ли эмоциональная окраска стимульного материала и эмоциональное состояние испытуемых на процесс мышления так же, как и в оригинальном эксперименте повлияли на память. Таким образом, согласно нашей гипотезе, студенты в период сессии будут более успешно справляться с задачами с «негативным» сценарием, чем в течение семестра, так как будут испытывать тревогу. Информация в «негативных» задачах во время сессии более конгруэнтна данной эмоции, чем информация из «позитивных» задач, поэтому она будет активнее, качественнее и полнее вовлекаться в процесс мышления, то есть лучше обрабатываться и восприниматься, что позволит успешнее справиться с задачами.

Метод

Испытуемые

В качестве испытуемых в работе приняли участие 32 студента второго, третьего и четвертого курсов дневного отделения московских вузов, обучающиеся на гуманитарных специальностях. Из них 24 женщины и восемь мужчин. Средний возраст испытуемых — 20 лет. 18 испытуемых окончили сессию, во время которой проводился эксперимент, на «4» и «5»; у четырех человек были пересдачи; остальные закончили с тройками.

Материал

Для эксперимента было составлено восемь задач, основа для которых была взята из части «В» единого государственного экзамена. Всего было четыре вида задач, по две каждого из следующих видов: на проценты, на сложные проценты, на движение и на работу. Задачи были распределены в два набора: четыре задачи (по одной каждого вида) были предназначены для первой серии эксперимента, остальные четыре — для второй. Задачи одного вида были уравниены по сложности: они обе должны были решаться в одинаковое количество действий, их условия были примерно одинаковыми по длине и полноте. Отличались они неизвестной, которую нужно было найти (например, в одной из задач на движение нужно было найти путь, а в другой — скорость). Для проверки эквивалентности задач по сложности было проведено пилотное исследование.

Каждая задача модифицировалась под студенческую тему (например, если в задаче фигурировало двое рабочих, то они заменялись на двух студентов). Затем создавалось два варианта задачи: с «позитив-

ным» и «негативным» сценарием. Сюжет «позитивной» задачи состоял в том, что ее герои-студенты успешно сдавали сессию, набирали даже больше баллов, чем нужно было для экзамена. В «негативных» задачах, напротив, студенты недобирали баллы и проваливали экзамен. Таким образом, в каждом наборе задач было по восемь вариантов задач (задача каждого из четырех видов с двумя вариантами сценария).

Затем по схеме сбалансированного латинского квадрата были составлены варианты последовательностей задач по их видам (на проценты, на сложные проценты и т. д. — всего вышло четыре последовательности). По схеме полного уравнивания были выделены варианты чередования задач по типам сценария (если учесть, что в наборе из четырех задач должно быть по две задачи каждого типа сценария), таких вариантов получилось шесть. В результате вышло по 24 уникальных варианта предъявления задач для каждой серии эксперимента. Так как испытуемых было 32, то у 16 испытуемых варианты предъявления попарно совпадали.

Процедура

За два дня до экзамена испытуемому предъявлялся первый набор задач. По инструкции испытуемый должен был решить задачи по порядку, не пользуясь калькулятором. По окончании решения испытуемый сообщал экспериментатору ответы на решенные задачи, а также отвечал на следующую просьбу: «Оцените свою тревогу по поводу предстоящего экзамена по 10-балльной шкале». Оценка уровня тревоги являлась проверкой того факта, что студенты действительно волнуются перед экзаменом.

Примерно через полтора месяца, во время следующего семестра, проводилась вторая серия эксперимента на тех же испытуемых. Испытуемому предъявлялся новый набор задач, при этом каждый человек получал задачи в том же порядке по своему виду и чередованию типов сценария, что и в первой серии эксперимента. Инструкция по решению задач была той же самой, однако уровень тревоги уже не проверялся, так как нас интересовала именно предэкзаменационная тревога, соответствующая содержанию задач, которая отсутствует в течение семестра.

Результаты

В сумме испытуемые правильно решили по 74 задачи каждого из типов сценария. В среднем один испытуемый успешно решил 4.6 задачи (из восьми, полученных им за оба этапа эксперимента).

Можно отметить, что во время сессии в сумме было решено 67 задач, а в течение семестра — 81. Однако при оценке данных различий с помощью критерия Вилкоксона с повторными измерениями оказалось, что они статистически не значимы ($p = .094$). Это позволяет предположить, что фактор состояния (предэкзаменационный или нет) не влияет на успешность решения задач.

Описательные статистики успешности решения задач и уровня тревоги перед экзаменом представлены в Таблице 1.

	количество решенных задач с позитивным сценарием до сессии	количество решенных задач с негативным сценарием до сессии	количество решенных задач с позитивным сценарием после сессии	количество решенных задач с негативным сценарием после сессии	тревога
Среднее	.97	1.13	1.34	1.19	5.16
Медиана	1	1	2	1	5
Стандартное отклонение	.78	.83	.83	.74	2.07

Таблица 1. Описательные статистики успешности решения задач и уровня тревоги

Диапазон переменной тревоги представлен достаточно широко и находится на среднем уровне. Также видно, что наибольший уровень успешности решения задач испытуемые продемонстрировали в случае с «позитивными» задачами после сессии.

Далее мы попытались определить, насколько значимы различия в успешности решения задач разной валентности в разные периоды времени (использовался также критерий Вилкоксона).

Значимых различий в решении задач с разными по валентности сценариями внутри каждого периода проведения эксперимента не оказалось. То есть во время сессии количество правильно решенных «позитивных» и «негативных» задач не различается (как и в течение семестра).

Статистическая разница в успешности решения задач в зависимости от временного отрезка, в который они решались, представлена в Таблице 2.

	Количество решенных позитивных задач	Количество решенных негативных задач
Во время сессии	31	36
В течение семестра	43	38
Z	-2.276	-0.393
Асимптотич. значимость (двухсторонняя)	.023	.694

Таблица 2. Значимость различий в продуктивности решения задач с «позитивным» или «негативным» сценарием во время сессии и семестра

Разница в успешности решения «позитивных» задач во время сессии и в течение семестра оказалась статистически значимой ($p = .023$).

Значимых корреляций уровня тревоги с зависимыми переменными обнаружено не было.

Обсуждение результатов

Наша гипотеза о том, что студенты во время сессии будут лучше справляться с «негативными» задачами, не подтвердилась. Однако мы получили статистически значимые различия в успешности решения «позитивных» задач во время сессии и в течение семестра (во втором случае «позитивных» задач было решено больше). Результаты можно было бы объяснить с разных точек зрения.

Возможно, что тревога, находящаяся в среднем на уровне в пять баллов, оказалась недостаточно сильной, чтобы актуализировать переживания, связанные с сессией, и включить их в процесс решения «негативных» задач. Однако высокий уровень успешности решения «позитивных» задач в течение семестра может свидетельствовать о том, что содержание данных задач актуализировало приятные переживания, связанные с успешно сданной последней сессией (большинство испытуемых закончили ее на «4» и «5») и оказалось конгруэнтным эмоциональному состоянию испытуемых, что позволило лучше справиться с «позитивными» задачами.

Стоит отметить, что испытуемыми было решено одинаковое количество задач с «позитивным» и «негативным» сценариями. Можно предположить, что валентность сценария сама по себе не влияет на успешность решения задачи, хотя в совокупности с экспериментальными условиями (во время сессии и в течение семестра) начинает оказывать данное влияние.

В целом можно предположить, что модель Бауэра, скорее всего, не подходит для объяснения влияния тревоги на мышление, которое мы пытались обнаружить в данном исследовании. В процессе решения задачи воспоминания, связанные со сдачей экзамена вряд ли могли бы помочь с ее решением, так как здесь испытуемый оперирует числами и структурой задачи, абстрагируясь от «сюжета» условия. Возможно, что в нашем исследовании мы могли столкнуться как с подавлением тревогой продуктивности мышления, что было установлено в исследованиях С. Бишоп, М. Леона и В. Ревелля, так и с эффектом положительных эмоций, которые, согласно исследованиям Э. Айзен, могут оказать положительное влияние на процесс мышления.

Выводы

Таким образом, нам не удалось установить влияние тревоги на успешность решения задач. С другой стороны, мы обнаружили, что испытуемые лучше справились с «позитивными» задачами в течение семестра, нежели перед экзаменами, на что могли повлиять факторы, не учтенные нашим экспериментальным планом. Например, тревога могла присутствовать у людей не только перед экзаменами, но и в течение семестра по поводу других учебных процедур. Кроме того, влияние могли оказать положительные эмоции, связанные с сессией и учебой вообще. Также испытуемые, отвечая на вопрос по поводу уровня своей тревоги, связанной с предстоящими экзаменами, могли ее не испытывать

непосредственно в момент решения задач. В дальнейшем при проведении подобного эксперимента необходимо контролировать данные факторы.

Литература

- Выготский Л.С. Мышление и речь // Выготский Л.С. Собр. соч. Т. 2. М.: Педагогика, 1982. С. 5 – 361.
- Тихомиров О.К. Психология мышления. М.: Издательство Московского университета, 1984.
- Bishop S.J. Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention // *Nature Neuroscience*. 2009. Vol. 12. P. 92–98. doi: [10.1038/nn.2242](https://doi.org/10.1038/nn.2242)
- Bower G.H., Gilligan S.G., Monteiro K.P. Selectivity of learning caused by affective states // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1981. Vol. 110. P. 451–473. doi: [10.1037/0096-3445.110.4.451](https://doi.org/10.1037/0096-3445.110.4.451)
- Isen A.M., Daubman K.A., Nowicki G.P. Positive affect facilitates creative problem solving // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1987. Vol. 52. P. 1122–1131. doi: [10.1037/0022-3514.52.6.1122](https://doi.org/10.1037/0022-3514.52.6.1122)
- Isen A.M., Johnson M.M.S., Mertz E., Robinson G.F. The influence of positive affect on the unusualness of word associations // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1985. Vol. 48. P. 1413–1426. doi: [10.1037/0022-3514.48.6.1413](https://doi.org/10.1037/0022-3514.48.6.1413)
- Kitayama S., Niedenthal P.M. Introduction // S. Kitayama, P.M. Niedenthal (Eds.). *The Heart's Eye*. San Diego: Academic Press, 1994. P. 1–12. doi: [10.1016/B978-0-12-410560-7.50006-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410560-7.50006-5)
- Leight K.A., Ellis H.C. Emotional mood states, strategies and state-dependency in memory // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1981. Vol. 20. P. 251–266. doi: [10.1016/S0022-5371\(81\)90406-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(81)90406-0)
- Leon M.R., Revelle W. Effects of anxiety on analogical reasoning: a test of three theoretical models // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1985. Vol. 49. P. 1302–1315. doi: [10.1037/0022-3514.49.5.1302](https://doi.org/10.1037/0022-3514.49.5.1302)
- Niedenthal P.M., Setterlund M.B. Emotion congruence in perception // *Personality and Social Psychology Bulletin*. 1994. Vol. 20. P. 401–411. doi: [10.1177/0146167294204007](https://doi.org/10.1177/0146167294204007)

research note

The Influence of Anxiety on Students' Performance in Mathematical Problems Solving

Mariam Bangura

Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

Abstract. This research is focused on how anxiety influences the process of thinking. In the experiment, students' performance in mathematical problem solving was assessed depending two factors: 1) the emotive coloring of the problem content, and 2) the period of conducting the experiment: during the examination period, when students probably experience anxiety, and during the term. The results reveal that anxiety has no influence on thinking processes. However, some effects were found to be related to problem content and to the period of conducting the experiment. In particular, students solved problems with positive content better during the term than during the examination period.

Correspondence: marb@mail.ru, Institute of Psychology of the Russian State University for the Humanities, GSP-3, 125993 Moscow, Miuskaya square, 6, Russia.

Keywords: thinking, emotions, anxiety, examination, congruence, students, positive and negative content of task

Copyright © 2014. Mariam Bangura. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Received 20 July 2014, accepted 20 September 2014.

References

- Bishop, S. J. (2009). Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nature Neuroscience*, 12(1), 92–98. doi: 10.1038/nn.2242
- Bower, G. H., Gilligan, S. G., & Monteiro, K. P. (1981). Selectivity of learning caused by affective states. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110(4), 451–473. doi: 10.1037/0096-3445.110.4.451
- Isen, A. M., Daubman, K. A., & Nowicki, G. P. (1987). Positive affect facilitates creative problem solving. *Journal of personality and social psychology*, 52(6), 1122–1131. doi: 10.1037/0022-3514.52.6.1122
- Isen, A. M., Johnson, M. M., Mertz, E., & Robinson, G. F. (1985). The influence of positive affect on the unusualness of word associations. *Journal of personality and social psychology*, 48(6), 1413–1426. doi: 10.1037/0022-3514.48.6.1413
- Kitayama, S., Niedenthal, P. M. (1994) Introduction. In: S. Kitayama & P. M. Niedenthal (Eds.), *The Heart's Eye* (pp. 1–12). San Diego: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-410560-7.50006-5
- Leight, K. A., & Ellis, H. C. (1981). Emotional mood states, strategies, and state-dependency in memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20(3), 251–266. doi: 10.1016/S0022-5371(81)90406-0
- Leon, M. R., & Revelle, W. (1985). Effects of anxiety on analogical reasoning: A test of three theoretical models. *Journal of Personality and Social Psychology*, 49(5), 1302–1315. doi: 10.1037/0022-3514.49.5.1302
- Niedenthal, P. M., & Setterlund, M. B. (1994). Emotion congruence in perception. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 20(4), 401–411. doi: 10.1177/0146167294204007
- Tikhomirov, O. K. (1988). *The psychology of thinking*. New York: Progress Publishers.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.

«Чувство на-кончике-языка» как маркер наличия доступа к забытому слову

Ольга Дмитриевна Шмонина

Кафедра клинической психологии факультета психологии Санкт-Петербургского Государственного Университета, Санкт-Петербург, Россия

Василий Олегович Клайман

Кафедра клинической психологии факультета психологии Санкт-Петербургского Государственного Университета, Санкт-Петербург, Россия

Анастасия Ильинична Федорова

Кафедра клинической психологии факультета психологии Санкт-Петербургского Государственного Университета, Санкт-Петербург, Россия

Андрей Анатольевич Четвериков

Кафедра общей психологии факультета психологии Санкт-Петербургского Государственного Университета, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В статье рассматривается феномен «чувства на-кончике-языка» (tip-of-the-tongue state, TOT), возникающего, когда человек не может назвать некоторое слово, однако чувствует, что вот-вот его вспомнит: слово словно крутится на кончике языка. Изучение данного феномена началось с исследования Роджера Брауна и Дэвида МакНейлла (1966), в котором впервые была показана взаимосвязь TOT и объективных маркеров наличия доступа к забытому слову, таких как способность назвать слова, схожие с ним по смыслу или по звучанию. Последующие исследования подтвердили результаты Брауна и МакНейлла и позволили уточнить, какие именно аспекты забытого слова доступны испытуемым. Целью нашего исследования была репликация результатов о взаимосвязи феномена «чувства на-кончике-языка» и объективных маркеров наличия доступа к памяти о вспоминаемом слове на русскоязычной выборке. Кроме того, мы исследовали взаимосвязь между TOT и уверенностью в том, что слово известно, и в том, что оно будет вспомнено. Результаты двух проведенных экспериментов показали, что нам удалось реплицировать полученные Брауном и МакНейллом данные о взаимосвязи «чувства на-кончике языка» и ряда объективных маркеров наличия доступа к забытому слову, а также показать взаимосвязь между наличием TOT и уверенностью в знании слова и способности его вспомнить. Результаты показали также, что вероятность узнавания целевого слова при наличии близкого синонима не связана с наличием TOT. Семантическая информация о слове доступна испытуемым в общем виде, не связанном с конкретным вспоминаемым словом. Полученные данные свидетельствуют о том, что TOT можно рассматривать исходя из теорий косвенной оценки.

Контактная информация: Четвериков Андрей Анатольевич, a.chetverikov@psy.spbu.ru, ул. Чебышевская, д. 10, корп. 2, кв. 56, 198504, Санкт-Петербург, Россия.

Ключевые слова: «чувство на-кончике-языка», tip-of-the-tongue state, TOT, узнавание, уверенность.

© 2014 Шмонина Ольга Дмитриевна, Клайман Василий Олегович, Федорова Анастасия Ильинична, Четвериков Андрей Анатольевич. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке гранта факультета психологии Санкт-Петербургского Государственного Университета, мероприятие 7, #8.23.797.2013.

Статья поступила в редакцию 3 сентября, принята в печать 22 сентября 2014 г.

Обычно нам кажется самым собой разумеющимся, что слова в разговоре приходят на ум безо всякого усилия, позволяя нам с легкостью, почти не задумываясь, отыскивать подходящие формулировки. Этот процесс кажется автоматическим — и тем более удивительным выглядит момент, когда нужное нам слово вместо того, чтобы послушно появиться в сознании, совершенно неожиданно теряется. При этом возникает ощущение, что слово вот-вот вспомнится и словно бы вертится на кончике языка. Этот феномен — ощущение неспособности извлечь из памяти какое-либо слово, несмотря на то, что слово кажется хорошо известным, — получил название «чувства на-кончике-языка» (TOT, от англ. *tip-of-the-tongue*).

TOT уже больше века занимает умы исследователей, являясь одним из самых удивительных феноменов памяти. Однако сложность его исследования, как и в случае других субъективных феноменов, заключается в том, что с самого начала встает вопрос о том, есть ли за ним некоторая условная «реальность». Возможно, человек лишь думает, что слово ему известно, или это состояние вообще не имеет никакого отношения к знанию слова. В данной статье представлен обзор исследований TOT, связанных с поиском ответа на подобные вопросы, и результаты двух экспериментов, направленных на изучение связи между феноменом TOT, объективными характеристиками памяти и уверенностью в знании слова и способности его вспомнить.

Исследование Брауна и МакНейлла

Первое описание «чувства на-кончике-языка» в научной литературе принадлежит Уильяму Джемсу, который обозначил несколько важных характеристик данного состояния: возможность частичного доступа к забытой информации (представление о ритме слова, о его начальной букве) и способность отличить вспоминаемое слово от других (James, 1890). Спустя 76 лет это наблюдение нашло применение в исследованиях гарвардских психологов Роджера Брауна и Дэвида МакНейлла, которые, несмотря на сложность эмпирического исследования, предприняли попытку изучения объективных характеристик TOT (Brown, McNeill, 1966).

В своем исследовании Браун и МакНейлл зачитывали испытуемым определение редко используемых слов и просили называть эти слова. Испытуемые, которые не могли вспомнить слово, указывали, переживают ли они TOT (определение TOT давалось экспериментатором, см. далее). Если они находились в состоянии TOT, то их просили ответить на ряд вопросов о самом целевом слове (количество слогов, начальная буква), а также попытаться назвать слова, близкие к целевому по звучанию (далее — СЗ) и по смыслу (СС). В бланке было также предъявлено само целевое слово, рядом с которым испытуемый должен был указать, это ли слово он вспоминал.

Для своего исследования Браун и МакНейлл сформулировали определение TOT, которое предъявлялось в инструкции: «Если вы не можете назвать слово, но уверены, что знаете его и вот-вот вспомните, и оно как бы вертится на кончике языка, вы находитесь в состоянии TOT». В данном определении TOT тесно

связано с субъективной уверенностью в знании слова, однако попыток исследовать взаимосвязь между ними в оригинальном исследовании Брауна и МакНейлла предпринято не было. Несмотря на то, что большинство исследователей феномена используют в экспериментах определение TOT, данное Брауном и МакНейллом, другие формулировки определения «чувства на-кончике-языка» обычно также включают упоминание двух основных аспектов TOT: а) слово известно, но в данный момент недоступно; б) вспоминание кажется неизбежным (Brown A.S., 1991). Ряд исследователей (Кармин, 2011; Hart, 1965; Shirley, Langnan-Fox, 1996; Dorfman et al., 1996) даже рассматривает TOT как одну из разновидностей «чувства знания» (англ. *feeling-of-knowing*, или FOK) — феномена, который проявляется в том, что «человек чувствует, что решение задачи ему известно, хотя он и не в состоянии указать, сформулировать его» (Кармин, 2011, с. 420-421).

Полученная в исследовании Брауна и МакНейлла частота возникновения TOT составила 13%. Среди слов, близких к целевому, которые вспоминали испытуемые, было 70% слов СЗ и 30% слов СС. Браун и МакНейлл обнаружили, что испытуемые, находясь в состоянии TOT, в 60% случаев способны правильно указать количество слогов в забытом слове, в 51% случаев — верно назвать его первую букву. Кроме того, данные позволили предположить, что испытуемые имеют некоторое представление о расположении ударных слогов в целевом слове и о его буквенном строении (расположение букв в словах СЗ значительно более точно соответствовало буквенному строению целевого слова, чем расположение букв в словах СС), а также могут с высокой точностью оценивать, какое слово семантически более похоже на целевое, а какое менее, что также указывает на наличие частичного вспоминания информации о целевом слове в состоянии TOT.

Таким образом, в своем исследовании Браун и МакНейлл показали наличие связи между TOT и объективно измеряемыми показателями присутствия слова в памяти. Доступная в состоянии TOT информация была связана либо с фонетическими (количество слогов; начальные буквы; ударение; слова, близкие по звучанию), либо с семантическими характеристиками целевого слова (схожие по смыслу слова). Это свидетельствовало о том, что TOT действительно отражает наличие в памяти знания о слове, а не является связанным с чисто внешними причинами.

Объективные характеристики «чувства на-кончике-языка»

Дальнейшие исследования подтвердили результаты, полученные Брауном и МакНейллом. Мы приводим здесь лишь некоторые из них, чтобы дать читателю общее впечатление об исследованиях в данной области, не претендуя на полноту анализа. Браун и МакНейлл (1966) отметили общее количество названных СС и СЗ слов, но не указали, какое количество TOT сопровождалось их появлением. Последующие исследования в лаборатории и с использованием дневниковых методов показали, что примерно половина (50–56%) состоя-

ний TOT сопровождается появлением связанных слов (Reason, Lucas, 1984; Cohen, Faulkner, 1986; Burke et al., 1991). Количество связанных слов, называемых испытуемыми, не зависит от силы социального давления на испытуемых со стороны экспериментатора, хотя само число случаев TOT подвержено такому влиянию (Widner, Smith, Graziano, 1996). Кон и коллеги (Kohn et al., 1987) обнаружили, что связанные слова могут быть разделены на 20% СЗ и 54% СС. Оставшиеся 25% слов в полученной выборке были близки к целевому слову и по смыслу, и по звучанию. Кроме того, те же авторы обнаружили, что 57% слов, которые называли испытуемые, не находящиеся в состоянии TOT, также оказались семантически связаны с целевым словом, что может указывать на то, что появление слов СС не является специфичным для состояния TOT.

Анализ строения слов СЗ показал, что в 49–83% случаев их первые буквы совпадали с первыми буквами целевого слова (Brown, McNeill, 1966; Yarmey, 1973). Схожие данные были получены и при анализе результатов угадывания отдельно первой буквы целевого слова: испытуемые в состоянии TOT правильно называли ее в 50–71% случаев (Brown, McNeill, 1966; Yarmey, 1973; Koriat, Lieblich, 1974), в то время как вероятность угадывания у испытуемых, не находящихся в состоянии TOT, была на уровне в 10% (Koriat, Lieblich, 1974).

Некоторые исследователи задались вопросом, имеет ли человек в состоянии TOT прямое знание о каких-либо буквах целевого слова, кроме первой. В эксперименте Д. Рубина (Rubin, 1975) частота правильного угадывания последних букв составила 31% (сравнение с ситуацией отсутствия TOT не проводилось), что было ниже частоты около 45%, описанной Брауном и МакНейлом при анализе структуры слов СЗ (Brown, McNeill, 1966). Тем не менее, это различие могло быть связано с небольшим объемом подобранного Рубиным стимульного материала, состоявшего всего из четырех определений (использовались определения слов, которые вызвали наибольшее число TOT в эксперименте Брауна и МакНейлла).

Кориат и Либлич (Koriat, Lieblich, 1974) просили испытуемых, находящихся в состоянии TOT, угадывать первую, средние и последнюю буквы целевого слова. Догадки о последних буквах оказались верны в 69% случаев (в то время как для испытуемых, не находящихся в состоянии TOT, вероятность правильного угадывания составила 17%). Также исследователи обнаружили, что в 80% случаев участники эксперимента верно угадывали число слогов в целевом слове, что превышало частоту в 62%, полученную Брауном и МакНейлом (1966). Однако проведенный Кориатом и Либличом анализ правильности догадок испытуемых, не находящихся в состоянии TOT, также показал достаточно высокий уровень точности (38%), что указывает на необходимость осторожной интерпретации полученных данных. Высокая эффективность угадывания количества слогов может быть связана не только с наличием у испытуемых в состоянии TOT прямого знания о слоговой структуре слова, но и с присутствием у них определенных стратегий угадывания, а также с небольшим количеством возможных вариантов ответа.

Таким образом, в предыдущих исследованиях были реплицированы и уточнены результаты Брауна и МакНейлла (1966). Однако оказалось, что не только в присутствии, но и в отсутствие TOT человеку может быть доступна информация о забытом слове.

Наше исследование преследовало две цели. Во-первых, мы хотели воспроизвести результаты о взаимосвязи TOT и объективных характеристик воспроизведения на русскоязычной выборке. Во-вторых, мы хотели изучить взаимосвязи между TOT, уверенностью в знании слова и уверенностью в его вспоминании. Эта связь неоднократно подчеркивалась в различных определениях TOT. Например, в работе Д. Барки и коллег (Burke et al., 1991) участники исследования вели дневники, в которых отмечали случаи TOT и оценивали для каждого случая чувство знания слова и свою уверенность в том, что они вспомнят слово. Результаты показали, что испытуемые были высоко уверены во вспоминании слова (5.9 из 7 баллов), оценки чувства знания также были близки к максимуму (6.5 из 7 баллов). Смит, Браун и Бэлфоу показали, что чувство знания выше в присутствии, чем в отсутствие TOT (Smith, Brown, Balfour, 1991). В работе Корнелла и Меткалф рассматривалась взаимосвязь уверенности в знании слова и точности ответов в присутствии TOT: было показано, что уверенность в знании слова коррелирует с вероятностью его последующего узнавания (Kornell, Metcalfe, 2007). Однако попыток ее систематического изучения не предпринималось. Мы ожидали, что оба вида уверенности будут выше в присутствии TOT, чем в его отсутствие. Однако мы также предполагали, что уверенность в знании слова может быть высокой в отсутствие TOT, в то время как уверенность в его вспоминании в отсутствие TOT будет достаточно низкой. Другими словами, распределение оценок по уверенности в знании слова будет меньше зависеть от TOT, чем распределение оценок по уверенности во вспоминании.

Кроме того, в задачи работы входило создание базы определений слов, вызывающих TOT, для дальнейших исследований, а также проверка гипотезы о взаимосвязи TOT и узнавания целевого слова с его аффективной оценкой (анализ результатов по аффективной оценке приведен в статье Клайман и др., 2013).

Поскольку эксперимент 1 и эксперимент 2 имели схожие процедуры, результаты и их обсуждение будут представлены вместе после описания эксперимента 2.

Эксперимент 1

Испытуемые

В исследовании приняли участие 22 человека (8 мужчин, 14 женщин, средний возраст 19.9 лет), студенты факультета психологии СПбГУ. Испытуемые принимали участие в эксперименте без дополнительного вознаграждения. Эксперимент проходил на компьютере.

Стимульный материал

В эксперименте в случайном порядке предъявлялись определения 20 различных слов. Определения имели длину от 72 до 169 знаков ($M = 113$; $SD = 32$), напри-

мер: «Мешочек для табака, затягивающийся шнурком; корень этого слова заимствован из тюркского языка и означает “кожаная сумка”» (ответ и слова-дистракторы см. ниже).

Каждому определению соответствовал набор из пяти слов, содержащий:

- 1) целевое слово (*кисет*);
- 2) дистрактор-синоним (слово, схожее по смыслу с целевым, — *кошель*);
- 3) слово-дистрактор, имеющее те же начальные две-три буквы, что и целевое слово (*кистень*);
- 4) слово-дистрактор, рифмующееся с целевым словом (*корсет*)¹;
- 5) слово-дистрактор с низкой частотой употребления (*лалаки*).

Определения для целевых слов формировались на основе словарных определений из источников свободного доступа. С помощью Google Ngramm (<https://books.google.com/ngrams>) целевые слова (%ngramm = 0.0000358) и слова из каждой группы дистракторов, кроме группы низкочастотных слов, были выравнены по частоте употребления (см. Приложение).

Процедура

В начале эксперимента испытуемый получал инструкцию, включающую определение феномена TOT: «Вы не можете назвать какое-то слово, однако чувствуете, что вот-вот его вспомните: слово словно крутится на кончике языка». Затем для каждого из 20 определений проходили следующие этапы:

1. Предъявление определения целевого слова.
2. Оценка уверенности в знании данного слова, от 0 («чувствую, что не знаю») до 100 («чувствую, что знаю») на графической шкале.
3. Испытуемого просили ввести целевое слово с клавиатуры, если оно ему известно, или перейти к следующему вопросу, если он его совсем не знает.
4. Оценка наличия TOT (да/нет).
5. Оценка вероятности (уверенности) во вспоминании, от 0 («чувствую, что вспомню») до 100 («чувствую, что не вспомню»).
6. Испытуемого просили ввести слова, схожие по звучанию с целевым (СЗ).
7. Испытуемого просили ввести слова, схожие по смыслу с целевым (СС).
8. Задача узнавания: испытуемому предъявлялся в случайном порядке перечень слов, обозначенных буквами «а»–«д», включающих целевое и дистракторы; он должен был указать то слово, которое он пытался вспомнить, либо, если оно отсутствует в списке, перейти к следующему определению.²

¹ Для данной категории были подобраны дистракторы-синонимы, заканчивающиеся на те же две-три буквы, что и целевое слово. В большинстве случаев они соответствовали целевому слову также по числу слогов и расположению ударного слога (тем не менее, не для всех целевых слов оказалось возможным подобрать подобную рифму в требуемом диапазоне частоты употребления).

² При обработке результатов данного и следующего эксперимента было обнаружено, что в результате технической ошибки целевое слово никогда не встречалось в позиции «в». Тем не менее, анализ результатов не показал влияния положения слова в списке на вероятность его узнавания или оценку, — как следствие, данная ошибка не повлияла на интерпретацию результатов.

9. В заключение испытуемого просили проранжировать слова из данного перечня по приятности звучания (от наименее приятного по звучанию — к наиболее приятному), введя буквы, которыми обозначены слова, в соответствующем порядке. Буквы вместо цифр для ранжирования использовались для того, чтобы избежать ассоциации слова с большим номером, который мог оказать влияние на оценку.

Пробы, в которых испытуемый сразу правильно называл целевое слово, попадали в категорию «мгновенный ответ». При этом мы все равно просили испытуемых ответить на все оставшиеся вопросы, даже если они называли слово сразу.

Эксперимент 2

Испытуемые

В исследовании приняли участие 24 человека (7 мужчин, 17 женщин, средний возраст 19.6 лет), студенты факультета психологии СПбГУ. Испытуемые принимали участие в эксперименте без дополнительного вознаграждения.

Процедура и стимульный материал

Процедура эксперимента повторяла эксперимент 1 со следующими изменениями:

1. Для уменьшения времени прохождения эксперимента был удален шаг номер 6, так как по результатам первого эксперимента испытуемые практически не давали ответов на данный вопрос.
2. Были введены две тренировочные пробы, одинаковые для всех испытуемых.
3. Были исправлены неточности в формулировках. Во втором эксперименте также был усовершенствован стимульный материал:
 1. Слова, на определение которых в ходе предыдущего эксперимента «чувство на-кончике-языка» возникло у небольшого числа испытуемых, слова, для которых был высокий процент мгновенных ответов, или слова, для которых в задаче узнавания был высокий процент выбора слов, близких по смыслу, были заменены на новые слова. Доли TOT, мгновенных ответов и выборов слов, близких по смыслу, составляли для исключенных слов .38, .43 и .18 соответственно, а для сохраненных слов — .43, .30 и .12. Всего заменено шесть слов.
 2. С помощью нового частотного словаря русской лексики О. Н. Ляшевской и С. А. Шарова (Ляшевская, Шаров, 2009; <http://dict.ruslang.ru/freq.php>) целевые слова ($ipm = 1.514$) и слова из каждой группы дистракторов, кроме группы низкочастотных слов, были выравнены по частоте употребления. С нашей точки зрения, подобный метод выравнивания является более удачным, чем использование Google Ngram, поскольку в последнем для получения информации о частотах используются лишь книги, а словарь Ляшевской и Шарова основан на Национальном корпусе русского языка, включающем разные типы письменной речи и записи устной речи.

Результаты

При обработке данных использовался статистический пакет R 3.0.1.

Частота возникновения ТОТ

В эксперименте 1 в анализ было включено 434 проб из 440 проведенных (две пробы были исключены по причине неправильного понимания испытуемыми инструкции, в четырех пробах не сохранились данные по ТОТ и узнаванию). Зарегистрировано 168 случаев ТОТ, из которых 38 возникали в случае, когда испытуемый называл слово сразу после предъявления определения («мгновенный ответ» — эти данные исключались из последующего анализа), 61 — при правильном узнавании целевого слова на этапе предъявления дистракторов, 69 — при неузнавании целевого слова (таблица 1). Вероятность возникновения ТОТ составила 39%, от 1 до 17 случаев на испытуемого.

В эксперименте 2 в анализ были включены все 528 проведенных проб (тренировочные пробы были также включены в анализ, так как вопреки ожиданиям они оказались столь же сложными для испытуемых, что и остальные пробы). Было зарегистрировано 242 случая ТОТ, из которых 36 возникали при мгновенном ответе (эти данные также были исключены из дальнейшего анализа), 102 — при правильном узнавании целевого слова на этапе предъявления дистракторов, 104 — при неузнавании целевого слова. Вероятность возникновения ТОТ составила 46%, от 3 до 19 случаев на испытуемого.

Для оценки влияния ТОТ на вероятность узнавания стимула при отсутствии мгновенного ответа использовалась биномиальная регрессия со смешанными эффектами. Данный метод, относящийся к более общему семейству линейных регрессионных моделей со смешанными эффектами (Baayen, Davidson, Bates, 2008; Pinheiro, Bates, 2000; Jaeger, 2008; Barr et al., 2013), позволяет учитывать влияние случайных факторов, таких как различия между испытуемыми в наших экспериментах, и контролировать влияние ошибок, связанных с нарушением допущения о независимости наблюдений. Анализ проводился с помощью библиотеки lme4 в R (Zwitser et al., 2011; Bates et al., 2013).

Эффект ТОТ на вероятность узнавания целевого слова в эксперименте 1 проявился на уровне тенденции $Z = 1.67$, $p = .095$ и был значим в эксперименте 2, $Z = 2.88$, $p = .004$. В обоих экспериментах испытуемые в присутствии ТОТ имели примерно равные шансы узнать и не узнать слово (.53 и .47 в эксперименте 1, .50 и .50 в эксперименте 2 соответственно), тогда как в отсутствие ТОТ вероятность узнать слово была примерно в два раза ниже, чем вероятность его не узнать (.33 и .67 в эксперименте 1, .37 и .63 в эксперименте 2, см. таблицу 1).

Среди ответов на этапе узнавания, низкочастотные дистракторы и дистракторы, совпадающие по первым буквам, практически не встречались (строка «Другое» в таблице 2) и были исключены из анализа. В эксперименте 1 вероятность выбора схожего по смыслу дистрактора в сравнении с вероятностью пропуска ответа

Тип ответа	Эксперимент 1		Эксперимент 2	
	ТОТ	Нет ТОТ	ТОТ	Нет ТОТ
Мгновенный ответ	38 (.23)	119 (.45)	36 (.15)	84 (.29)
Узнавание	61 (.36)	54 (.20)	102 (.42)	66 (.23)
Неузнавание	69 (.41)	93 (.35)	104 (.43)	136 (.48)
Всего	168	266	242	286

Таблица 1. Количество (и доли) всех типов ответов в ситуации отсутствия и присутствия ТОТ. Здесь и далее доли приводятся «по столбцам»

Тип ответа	Эксперимент 1		Эксперимент 2	
	ТОТ	Нет ТОТ	ТОТ	Нет ТОТ
Цель	61 (.47)	54 (.37)	102 (.50)	66 (.33)
Слово близкое по смыслу	31 (.24)	23 (.16)	25 (.12)	19 (.09)
Другое	1 (.01)	2 (.01)	2 (.01)	5 (.02)
Пропуск	37 (.28)	68 (.46)	77 (.37)	111 (.55)
Всего	130	147	206	202

Таблица 2. Распределение частот (и доли) ответов на этапе узнавания в присутствии и в отсутствие ТОТ. Другое – выбор низкочастотного слова или слова, совпадающего с целевым по первым буквам.

Тип слов	Эксперимент 1		Эксперимент 2	
	ТОТ	Нет ТОТ	ТОТ	Нет ТОТ
Схожее по смыслу (СС)	29 (.22)	18 (.12)	51 (.25)	26 (.13)
Схожее по звучанию (СЗ)	21 (.16)	9 (.06)		
Всего	130	147	206	202

Таблица 3. Частоты (и доли) появления слов СС и СЗ в зависимости от присутствия и отсутствия ТОТ

была выше в присутствии ТОТ, чем в отсутствие ТОТ, $Z = 2.30$, $p = .022$. После исключения пропусков ответа сравнение вероятности выбора цели и вероятности выбора схожего по смыслу дистрактора эффекта ТОТ обнаружено не было, $Z = 0.22$, $p = .826$. Аналогичные результаты были получены в эксперименте 2: $Z = 2.20$, $p = .028$ для сравнения вероятности выбора схожего по смыслу дистрактора и вероятности пропуска ответа и $Z = 0.30$, $p = .768$ для сравнения вероятности выбора цели и вероятности выбора схожего по смыслу дистрактора. Хотя испытуемые чаще давали правильные ответы в ситуации ТОТ, это было обусловлено меньшим числом пропусков ответа в задаче узнавания. Значимых различий в способности к различению целевого объекта и схожего по смыслу дистрактора в присутствии и в отсутствие ТОТ обнаружено не было.

Слова, схожие по смыслу (СС), и слова, схожие по звучанию (СЗ), как объективные параметры вспоминания

В первом эксперименте общее количество слов СС в ситуации наличия ТОТ составило 29 слов, СЗ — 21 слово; в ситуации отсутствия ТОТ: СС — 18 слов, СЗ — девять слов (таблица 3; для слов СС: $Z = 1.22$, $p = .224$, для слов СЗ: $Z = 2.1$, $p = .032$). Второй эксперимент претерпел некоторые изменения, в числе которых был отказ от сбора данных по категории СЗ. Число СС составило 51 слово при наличии ТОТ и 26 слов при его отсутствии ($Z = -2.94$, $p = .003$).

В эксперименте 1 также был проведен анализ соответствия структур слов СЗ структурам целевых слов по количеству слогов, совпадению ударений, совпадению первых и последних букв. Значимых различий для ситуаций присутствия и отсутствия ТОТ ни по одному из параметров обнаружено не было. Однако возможность интерпретации данных результатов сильно затруднена из-за небольшого объема выборки слов СЗ.

«Чувство на-кончике-языка» и уверенность в знании слова и в будущем вспоминании

Одной из основных задач исследования был анализ связи присутствия ТОТ и оценок испытуемыми собственной уверенности в том, что они знают слово, и в том, что они его в ближайшее время вспомнят.

Оценки уверенности выражались в баллах по соответствующим шкалам (шкала уверенности в знании и шкала уверенности во вспоминании). Данные по оценкам уверенности в качестве зависимой переменной анализировались с помощью линейной регрессии со смешанными эффектами. Анализ показал наличие сильной положительной корреляции между двумя шкалами: эксперимент 1: $B = 0.80$, $SE = 0.06$, $t(24.4) = 14.59$, $p < .001$; эксперимент 2: $B = 0.66$, $SE = 0.06$, $t(23.1) = 10.58$, $p < .001$.

Для проверки гипотезы о разном влиянии ТОТ на равномерность распределения двух оценок уверенности (рисунок 1), мы провели двухфакторный анализ с использованием ТОТ и типа шкалы уверенности (со шкалой уверенности в знании слова как базового уровня для сравнения) в качестве независимых переменных и оценок уверенности в качестве зависимой. Как видно из рисунка 1, ТОТ сопровождалось высокой уверенностью как в знании слова, так и в его вспоминании. В отсутствие же ТОТ оценки уверенности в знании были распределены достаточно равномерно, в то время как оценки уверенности во вспоминании имели заметную асимметрию. Если человек уверен в знании слова, он далеко не обязательно будет испытывать ТОТ, в то время как уверенность во вспоминании слова практически всегда наблюдается одновременно с ТОТ. Это же показали и результаты регрессионного анализа. В обоих экспериментах был получен значимый поло-

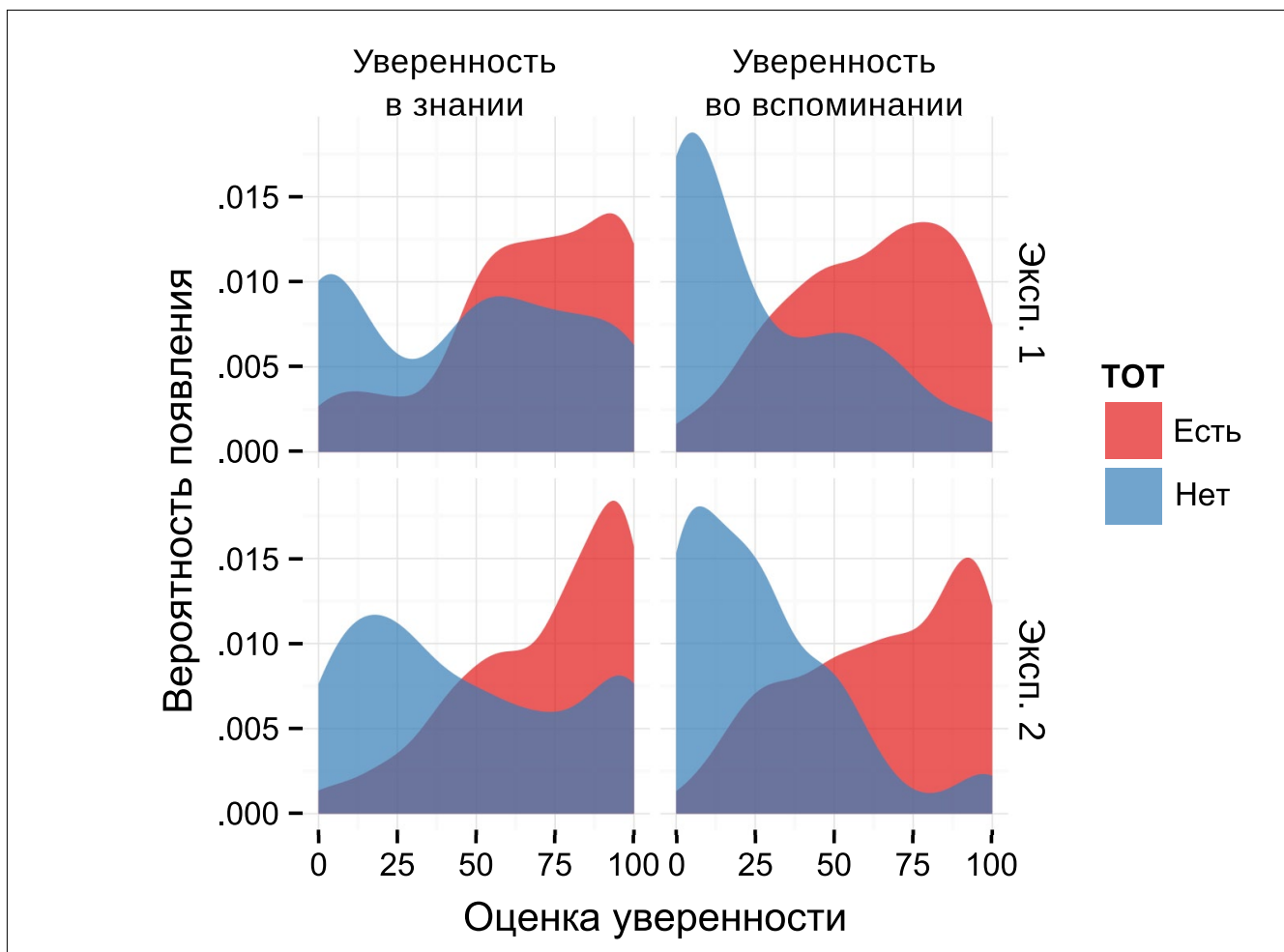


Рисунок 1. Распределение оценок по шкалам уверенности в присутствии и в отсутствие ТОТ

жительный эффект взаимодействия TOT и типа шкалы уверенности, говорящий о том, что эффект TOT для уверенности во вспоминании выражен сильнее, чем для уверенности в знании: $F(1, 18.5) = 5.86, p = .026$; эксперимент 2: $F(1, 20.5) = 5.35, p = .031$.

Тип ответа	Уверенность в знании		Уверенность во вспоминании	
	TOT	Нет TOT	TOT	Нет TOT
Эксперимент 1				
Узнавание	70.0 (27.9)	54.0 (33.6)	61.7 (26.7)	33.2 (30.7)
Неузнавание	65.0 (28.0)	41.7 (36.0)	60.9 (25.2)	21.6 (26.1)
Эксперимент 2				
Узнавание	76.5 (22.0)	46.2 (32.7)	65.9 (25.9)	31.3 (28.2)
Неузнавание	66.5 (28.7)	47.1 (34.8)	64.6 (29.6)	24.6 (23.5)

Таблица 4. Средние (и стандартные) отклонения уверенности в знании слова и уверенности в его вспоминании в зависимости от наличия TOT и узнавания

Далее мы проанализировали эффект TOT и узнавания на оценки уверенности, предположив, что, возможно, различие в оценках уверенности в зависимости от TOT обусловлено вкладом узнавания. Средние и стандартные отклонения уверенности в знании слова и в его вспоминании в зависимости от наличия TOT и узнавания приведены в таблице 4.

TOT и уверенность в знании слова. Двухфакторный регрессионный анализ для факторов «TOT» и «Узнавание» с уверенностью в знании слова как зависимой переменной показал значимый эффект TOT, как в эксперименте 1, $F(1, 18.2) = 14.26, p = .001$, так и в эксперименте 2, $F(1, 22.2) = 25.62, p < .001$. В эксперименте 2 был также выявлен значимый эффект взаимодействия TOT и узнавания, $F(1, 20.1) = 6.25, p = .021$. Оценка уверенности была выше в присутствии узнавания, чем в отсутствии узнавания, но только в ситуации TOT. Остальные эффекты взаимодействия оказались статистически незначимыми.

TOT и уверенность во вспоминании слова. Двухфакторный регрессионный анализ для факторов «TOT» и «Узнавание» и уверенности во вспоминании слова в качестве зависимой переменной показал статистически значимый эффект TOT как для эксперимента 1, $F(1, 15.3) = 84.10, p < .001$, так и для эксперимента 2, $F(1, 21.2) = 61.05, p < .001$. Эффект узнавания оказался значим только в эксперименте 2, $F(1, 18.8) = 5.69, p = .003$, а эффект взаимодействия факторов оказался незначим в обоих экспериментах. При этом сырые данные, приведенные в таблице 4, говорят о том, что, скорее всего, эффект узнавания был обусловлен вкладом различий в отсутствие TOT. Однако подобная интерпретация требует осторожности, так как в отличие от регрессионного анализа

со смешанными эффектами данные, приведенные в таблице 4, не учитывают вклада случайных эффектов, в том числе различий между испытуемыми.

Обсуждение

Узнавание целевого слова и частота появления связанных слов

Первая задача нашего исследования заключалась в изучении объективных характеристик вспоминания в отсутствие и присутствии «чувства на-кончике-языка». Для этого мы проанализировали вероятность узнавания целевого слова среди набора дистракторов и провели анализ данных о связанных словах (словах, близких к целевому по смыслу и по звучанию), которые были названы испытуемыми.

Вероятность узнать целевое слово или выбрать схожий по смыслу дистрактор была выше в присутствии TOT, чем в отсутствие TOT. Однако вероятность отличить целевое слово от близкого по смыслу дистрактора не была связана с TOT. Этот результат свидетельствует о том, что в ситуации TOT у испытуемых есть семантическая информация о целевом слове, однако она недостаточно четкая, чтобы отличить цель от дистрактора. Возможно также, что здесь играют роль характеристики выборки, и часть испытуемых действительно не отличает использованные нами слова-дистракторы от целевых.

Полученная нами частота появления связанных по смыслу и по звучанию слов в присутствии TOT составила в первом эксперименте 37.8%, во втором эксперименте — 27%, что ниже средней частоты 50–56%, полученной другими исследователями (Reason, Lucas, 1984; Cohen, Faulkner, 1986; Burke et al., 1991). Подобное различие может быть связано с формулировкой инструкции в нашем исследовании, в которой не было информации о том, что слова СС и СЗ действительно очень часто приходят на ум в состоянии TOT, и никак не подчеркивалась важность ответов на вопросы об этих словах. Таким образом, испытуемые, дойдя до соответствующих этапов в каждой пробе, достаточно часто пропускали вопрос о связанных словах. Тем не менее, полученные результаты показывают, что даже в таких условиях связанные слова вспоминаются чаще в присутствии, чем в отсутствие TOT (таблица 3). Анализ количества слогов, совпадения по первым буквам и другим параметрам полученной выборки слов СЗ не позволил сделать статистически достоверные выводы относительно сходства их структуры с целевым словом, однако количество слов СЗ, названных в эксперименте 1, также различалось в зависимости от наличия или отсутствия TOT. Другими словами, хотя мы не можем сказать, действительно ли названные слова совпадают по звучанию с целевым, испытуемые в ситуации TOT продуцируют их в большем количестве.

В эксперименте 1 все связанные слова, названные в присутствии TOT, можно разделить на 58% слов СС и 42% СЗ, что не соответствует данным, полученным Брауном и МакНейллом (30% СС и 70%

СЗ). Тем не менее, это расхождение может быть связано с тем, что в структуре оригинального опросника Брауна и МакНейлла наибольшее внимание уделялось именно фонетической, а не семантической информации о целевом слове, что, возможно, повлияло на преобладание слов СЗ в процентном соотношении. В нашем эксперименте смысловые акценты, которые могли бы повлечь за собой подобные эффекты, отсутствовали (как в инструкции и формулировках вопросов, так и в организации процедуры).

Соотношение, полученное нами для слов СС и СЗ, в целом схоже с результатами, полученным Коном и коллегами (Kohn et al., 1987). Однако Кон и др. выделили в выборке связанных слов, названных испытуемыми в состоянии ТОТ, не только 54% слов СС и 20% слов СЗ, но также 25% слов, которые были близки к целевому слову как по смыслу, так и по звучанию. Напротив, в процедуре нашего исследования было предусмотрено однозначное разделение слов на СС и СЗ, что делает невозможным выделение группы слов, которые одновременно являлись бы и СС, и СЗ.

Связь ТОТ с уверенностью в знании слова и уверенностью в его воспоминании

Анализ данных показал, что между двумя шкалами уверенности, использованными в нашем эксперименте, существует тесная взаимосвязь. Это вполне ожидаемо: если испытуемый считает, что знает слово, то он скорее ответит, что вспомнит его, чем в ситуациях, когда ему кажется, что слова он не знает. При этом в обоих экспериментах оценки по каждой из шкал в присутствии ТОТ были статистически значимо выше, чем в отсутствие ТОТ. Испытуемые, которые находились в состоянии ТОТ, выше оценивали свою уверенность в том, что знают слово, и в том, что вспомнят его в ближайшее время.

Одним из важных результатов данного исследования является обнаруженное нами различие в распределении оценок по двум шкалам уверенности в зависимости от присутствия или отсутствия ТОТ. В присутствии ТОТ обе шкалы имеют распределение с пиком на высоких значениях. В отсутствие же ТОТ оценки по шкале уверенности в знании слова распределены достаточно равномерно, в то время как оценки уверенности во вспоминании слова имеют ярко выраженную асимметрию с пиком, близким к нулю. Как следствие, различается выраженность эффекта ТОТ для двух шкал: ТОТ оказывается больше взаимосвязан с уверенностью во вспоминании слова, чем с уверенностью в его знании. Это говорит о том, что хотя шкалы уверенности тесно связаны друг с другом и коррелируют с наличием ТОТ, уверенность во вспоминании в большей степени отражает феноменологию ТОТ. Однако данный эффект может быть связан не только с феноменологическими особенностями «чувства на-кончике-языка», но и с использованным нами определением ТОТ, где уверенность во вспоминании упоминалась как характерная особенность этого феномена.

Фактор узнавания оказался связан с оценками уверенности только в эксперименте 2, причем в случае уверенности в знании слова он проявился во взаимодействии с фактором наличия ТОТ. При этом ТОТ,

напомним, было связано с узнаванием, хотя и не помогло испытуемым разделить целевое слово и близкий по смыслу дистрактор. Это может быть обусловлено тем, что измерение ТОТ позволяет отобразить наиболее выраженные состояния уверенности в знании и вспоминании слова, опосредуя тем самым связь уверенности и узнавания.

Частота возникновения ТОТ

В обоих экспериментах обнаруженная частота возникновения ТОТ значительно выше, чем частота, полученная другими исследователями. В первом эксперименте ТОТ возникал в 39% проб, во втором — в 46%, в то время как в предшествующих лабораторных исследованиях он возникал в среднем в 10–18% проб (Brown, McNeill, 1966; Koriat, Liebllich, 1974, 1975, 1977; Yaniv, Meyer, 1987, эксперименты 1 и 2; Kozlowski, 1977, эксперименты 1 и 2; Rubin, 1975). Высокая частота появления ТОТ может быть обусловлена как отличиями стимульного материала, так и особенностями русскоязычной выборки. Кроме того, возможно, что присутствовавшее в нашем эксперименте ограничение времени предъявления определения могло привести к возрастанию частоты появления ТОТ.

Увеличение частоты возникновения ТОТ во втором эксперименте, вероятно, обусловлено спецификой подбора стимульного материала (помимо новых определений, в него были включены также определения, на которые возникло наибольшее количество ТОТ в первом эксперименте). В эксперименте 2 также оказалась ниже доля случаев, когда испытуемые на этапе узнавания выбирали слова, схожие по смыслу, как в присутствии, так и в отсутствие ТОТ.

Выводы

Основной целью нашего исследования являлось изучение взаимосвязи между «чувством на-кончике-языка», объективными характеристиками памяти и двумя типами уверенности (уверенность в знании забытого слова и уверенность в его скором вспоминании). Мы реплицировали полученные Брауном и МакНейлом данные о взаимосвязи ТОТ и части объективных характеристик доступа к забытому слову: в присутствии ТОТ испытуемые чаще называли слова, близкие к целевому по смыслу или по звучанию, и чаще узнавали целевое слово. Это может указывать на то, что человек, находясь в состоянии ТОТ, имеет доступ к некоторым семантическим и фонетическим параметрам целевого слова. Однако из-за небольшого числа слов, связанных по звучанию, нам не удалось воспроизвести данные, касающиеся вероятности совпадения структуры данных слов и целевого слова. С другой стороны, можно предположить, что человек в состоянии ТОТ тратит больше усилий на попытку вспомнить слово, продуцируя больше СС и СЗ. При этом испытуемые с большей вероятностью называли слова, схожие по смыслу, чем схожие по звучанию, что может быть следствием большей доступности семантической

составляющей целевого слова в сравнении с фонетической. Об этом же говорит отсутствие эффекта ТОТ на различение цели и близкого по смыслу дистрактора.

Частота возникновения ТОТ составила 35.6% в первом эксперименте и 42.2% во втором, что в 2–4 раза выше средней частоты, полученной в предыдущих лабораторных исследованиях. Возможно, более частому возникновению у испытуемых «чувства на-кончике-языка» способствовали качественные отличия составленного нами стимульного материала от материала, использованного предыдущими исследователями. Если это предположение верно, дальнейшее применение и усовершенствование составленных материалов позволит расширить возможности лабораторных исследований ТОТ.

Нам удалось показать взаимосвязь между наличием ТОТ, уверенностью в знании слова и уверенностью в его скором вспоминании. Однако вероятность узнавания целевого слова оказалась слабо связана с оценками уверенности. ТОТ само по себе также не приводило к большей вероятности различения цели и дистрактора. Это может свидетельствовать о наличии доступа к семантической памяти, связанной с целевым словом, но не позволяющей различить цель и близкое по смыслу слово. Однако этот результат также может указывать на то, что ТОТ может быть лишь косвенно связан со знанием слова, свидетельствуя в пользу теорий косвенной оценки. Не имея возможности подробно останавливаться на данных теориях, отметим, что в них оценка «чувства на-кончике-языка» и другие мета-когнитивные процессы описываются как использование разного рода стратегий, эвристик или правил (см. обзор в Четвериков, Одайник, 2013, 2014). В случае ТОТ эти стратегии могут не требовать непосредственного доступа к хранящейся в памяти информации о целевом слове, как и наличия этой информации вообще. Например, человек может делать неосознанный вывод о наличии ТОТ по количеству ассоциаций, приходящих на ум при чтении определения слова.

В заключение стоит отметить, что проведенное исследование поднимает больше вопросов, чем дает ответов. ТОТ оказывается связано с количеством называемых слов, но не с вероятностью узнавания. Почему? Почему оценки уверенности не связаны с вероятностью узнавания слова? Насколько инструкция задает феноменологию переживания ТОТ? Ответы на эти вопросы требуют дальнейших исследований.

Литература

Кармин А.С. Интуиция: Философские концепции и научное исследование. СПб: Наука, 2011.

Клайман В. О., Федорова А. И., Шмони́на О. Д., Четвериков А. А. Чувство на-кончике-языка и имплицитная детекция ошибок // Вестник ЯрГУ. Серия Гуманитарные науки (в печати). 2014.

Ляшевская О. Н., Шаров С. А. Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка). М.: Азбуковник, 2009.

Четвериков А. А., Одайник А. С. Модели субъективной оценки эффективности решения когнитивных задач: Часть 1. Теории дополнительной оценки и теории частичного доступа // Вестник СПбГУ. Серия 16. Психология. Педагогика. 2013. № 3. С. 55–61.

Четвериков А. А., Одайник А. С. Модели субъективной оценки эффективности решения когнитивных задач: Часть 2. Теории косвенной оценки // Вестник СПбГУ. Серия 12. Психология. Социология. Педагогика. 2014. № 1. С. 117–125.

Baayen R. H., Davidson D. J., Bates D. Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items // Journal of Memory and Language. 2008. Vol. 59. № 4. P. 390–412. doi: 10.1016/j.jml.2007.12.005

Barr D. J., Levy R., Scheepers C., Tily H. J. Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal // Journal of memory and language. 2013. Vol. 68. № 3. P. 255–278. doi: 10.1016/j.jml.2012.11.001

Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S., Christensen R. H. B., Singmann H., Dai B. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-4. [Электронный ресурс]. URL: <http://cran.r-project.org/package=lme4>.

Brown A. S. A review of the tip-of-the-tongue experience // Psychological Bulletin. 1991. Vol. 109. № 2. P. 204–223. doi: 10.1037/0033-2909.109.2.204

Brown R., McNeill D. The “tip of the tongue” phenomenon // Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior. 1966. Vol. 5. № 4. P. 325–337. doi: 10.1016/S0022-5371(66)80040-3

Burke D., MacKay D. G., Worthley J. S., Wade E. On the tip of the tongue: What causes word finding failures in young and older adults? // Journal of Memory and Language. 1991. Vol. 30. № 5. P. 237–246. doi: 10.1016/0749-596X(91)90026-G

Cohen G., Faulkner D. Memory for proper names: Age differences in retrieval // British Journal of Developmental Psychology. 1986. Vol. 4. № 2. P. 187–197. doi: 10.1111/j.2044-835X.1986.tb01010.x

Dorfman J., Shames V. A., Kihlstrom J. F. Intuition, Incubation, and Insight: Implicit Cognition in Problem Solving // Underwood G. (ed.) Implicit Cognition. Oxford: Oxford University Press, 1996. P. 257–296.

Hart J. T. Memory and the feeling-of-knowing experience // Journal of Educational Psychology. 1965. Vol. 56. P. 208–216. doi: 10.1037/h0022263

Jaeger T. F. Categorical Data Analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards Logit Mixed Models // Journal of memory and language. 2008. Vol. 59. № 4. P. 434–446. doi: 10.1016/j.jml.2007.11.007

James W. The Principles of psychology / William James. Vol. 1. 1890.

Kohn S. E., Wingfield A., Menn L., Goodglass H., Gleason J., Hyde M. Lexical retrieval: The tip-of-the-tongue phenomenon // Applied Psycholinguistics. 1987. Vol. 8. № 3. P. 245–266. doi: 10.1017/S0142716400000291

Koriat A., Lieblich I. A study of memory pointers // Acta Psychologica. 1977. Vol. 41. № 2. P. 151–164. doi: 10.3758/BF03337562

Koriat A., Lieblich I. Examination of the letter serial position effect in the “TOT” and the “don’t know” states // Bulletin of the Psychonomic Society. 1975. Vol. 6. № 5. P. 539–541. doi: 10.1016/0001-6918(77)90032-4

Koriat A., Lieblich I. What does a person in a TOT state know that a person in a don’t know state doesn’t know // Memory and Cognition. 1974. Vol. 2. № 4. P. 647–655. doi: 10.3758/BF03198134

Kornell N., Metcalfe J. “Blockers” do not block recall during tip-of-the-tongue states // Metacognition and Learning. 2007. Vol. 1. № 3. P. 248–261. doi: 10.1007/s11409-007-9003-z

Kozlowski L. T. Effects of distorted auditory and of rhyming cues on retrieval of tip-of-the-tongue words by poets and nonpoets // Memory and Cognition. 1977. Vol. 5. №4. P. 477–481. doi: 10.3758/BF03197389

Pinheiro J. C., Bates D. Mixed-effects models in S and S-PLUS. New York: Springer, 2000. doi: [10.1007/978-1-4419-0318-1](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0318-1)

Reason J. T., Lucas D. Using cognitive diaries to investigate naturally occurring memory blocks / J.E. Harris and P.E. Morris (Eds.), *Everyday memory, actions and absent mindedness*. San Diego, CA: Academic Press, 1984. P. 53–69.

Rubin D. C. Within word structure in the tip-of-the-tongue phenomenon // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1975. Vol. 14. № 4. P. 392–397. doi: [10.1016/S0022-5371\(75\)80018-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80018-1)

Shirley D., Langan-Fox J. Intuition: A Review of the Literature // *Psychological Reports*. 1996. Vol. 79. № 2. P. 563–584. doi: [10.2466/pr0.1996.79.2.563](https://doi.org/10.2466/pr0.1996.79.2.563)

Smith S. M., Brown J. M., Balfour S. P. TOTimals: A controlled experimental method for studying tip-of-the-tongue states // *Bulletin of the Psychonomic Society*. 1991. Vol. 29. № 5. P. 445–447. doi: [10.3758/BF03333966](https://doi.org/10.3758/BF03333966)

Widner R., Smith S., Graziano W. The effects of demand characteristics on the reporting of tip-of-the-tongue and feeling-of-knowing states // *American Journal of Psychology*. 1996. Vol. 109. P. 525–538. doi: [10.2307/1423392](https://doi.org/10.2307/1423392)

Yaniv I., Meyer D. E. Activation and metacognition of inaccessible stored information: Potential bases for incubation effects in problem solving // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1987. Vol. 13. № 2. P. 187–205. doi: [10.1037/0278-7393.13.2.187](https://doi.org/10.1037/0278-7393.13.2.187)

Yarmey A. D. I recognize your face but I can't remember your name: Further evidence on the tip-of-the-tongue phenomenon // *Memory and Cognition*. 1973. Vol. 1. № 3. P. 287–290. doi: [10.3758/BF03198110](https://doi.org/10.3758/BF03198110)

Приложение. Стимульный материал и распределение ответов испытуемых в Экспериментах 1 и 2

Вопрос	правильный ответ	rpm	схоже по смыслу слово	rpm	схоже по звучанию слово	rpm	слово, совпадающее по первым буквам	rpm	нзрячастотное слово	Эксперимент: E1 - эксп. 1, E2 - эксп. 2	ТОТ				ТОТ всего				Распределение ответов без учета ТОТ				Доля выбора слова, схожего по смыслу		
											Есть		Нет		Есть	Нет	Мгновенный ответ	Узнавание	Слово, схоже по смыслу	Нет ответа в задаче узнавания	Мгновенный ответ	Узнавание		Слово, схоже по смыслу	Нет ответа в задаче узнавания
											Мгновенный ответ	Узнавание	Слово, схоже по смыслу	Нет ответа в задаче узнавания											
Арена, служившая местом для военных гимнастических и других состязаний.	ригалище	иплодром	стойбище	рифовка	E1	0	0	6	2	0	1	3	9	8	13	0,38	0	1	9	12	0,00	0,41			
Артист, объявляющий номера программы концерта, представления и т.п., занимающий ведущую в перерывах между исполняемыми номерами.	конферанسه	2.4 тамала	2.4 поднебесе	1.5 контроллер	E1&E2	6	10	2	6	12	2	1	6	25	21	0,54	18	12	3	12	0,40	0,11			
В верованиях Востока повторное воплощение, перерождение человека, возрождение души в новом теле.	реинкарнация	переволпощение	урбанизация	режиссура	E1	3	2	0	2	12	1	0	1	7	15	0,32	15	3	0	3	0,71	0,00			
Временное состояние животных и растений, характеризующееся резким замедлением жизненных процессов в целях выживания при неблагоприятных условиях.	анабоз	консервация	спябоз	2.2 аналгагор	E2	1	8	0	3	6	1	2	3	12	12	0,50	7	9	2	6	0,29	0,12			
Вяжущее ощущение во рту от чего-л. кислого или терпкого.	оскомина	1.6 послевкусие	0.4 диковина	1.3 оскал	E2	1	0	2	2	1	6	2	9	5	19	0,21	2	6	4	11	0,09	0,19			
Жидкость, в которой находятся во взвешенном состоянии микроскопические капельки другой жидкости.	эмульсия	2.5 амальгама	0.5 репессия	0.6 эмиссар	E1&E2	2	8	0	9	2	10	1	14	19	27	0,41	4	18	1	23	0,09	0,02			
Заменитель, обладающий лишь некоторыми свойствами заменяемого предмета, продукта.	суррогат	2 заменитель	2 шпагат	1.8 суруч	E1&E2	2	11	8	7	3	3	5	28	18	0,61	9	14	11	12	0,20	0,30				
Защитное приспособление некоторых видов животных и растений, выражающееся в их сходстве с другими животными и растениями, а также с предметами окружающей среды.	мимикрия	0.7 маскировка	3.7 эйфория	0.5 мимика	E1&E2	3	9	6	14	2	3	3	24	22	0,52	17	11	9	9	0,37	0,31				
Каменная гробница у древних народов. Архитектурно и художественно оформленный гроб.	саркофаг	усыпальница	универмаг	сарказм	E1	4	2	1	0	9	2	0	4	7	15	0,32	13	4	1	4	0,59	0,11			
Лино, пользующееся чьим-нибудь покровительством или рекомендацией при устройстве своих дел, служебной карьеры.	протекже	1.5 фаворит	1.7 драже	0.5 пробосек	E1&E2	1	8	6	4	8	7	2	9	19	26	0,42	9	15	8	13	0,20	0,22			
Машина для обозначивания, введенная во Франции во время великой французской революции в 1792 г.	гильотина	1.5 плаха	3 шестина	1.2 гильдия	E1&E2	6	12	0	2	25	0	0	1	20	26	0,43	31	12	0	3	0,67	0,00			
Мелочек для табака, затягивающийся шпурком, корень этого слова заимствован из тюркского языка и означает всякая сумма	касет	2.6 кошель	0.7 корсет	1.9 кистень	E1&E2	2	6	0	4	5	8	1	15	14	32	0,30	7	14	1	19	0,17	0,03			
Общее название художественной прозы в противопоставлении документальной и научной литературе, иногда также примененное для обозначения развлекательной литературы.	беллетристика	2.1 читиво	1.2 ботаника	2.4 беллобуда	E2	1	5	1	6	5	1	4	13	11	0,54	6	6	2	10	0,25	0,11				
Объяснение предпринимателей, осуществляющих общую коммерческую деятельность при сохранении производственной и юридической самостоятельности.	синдикат	0.7 гильдия	3.2 перекат	2 синоптик	E2	1	4	1	6	0	7	1	4	12	12	0,50	1	11	2	10	0,04	0,09			
Отсутствие единства, целостности, последовательности в убеждениях, теориях, соетание разнородных, иногда несоместимых или противоположных воззрений.	электизм	2.4 смешивание	0.8 артистизм	2.2 элпировка	E2	1	3	1	7	2	2	1	6	12	12	0,50	3	5	2	13	0,13	0,10			
Повесть для гроба при похоронах, погребальная колесница. Возвращение пог балластом для гроба в закрытом помещении(при отпевании в церкви или при гражданской похихиде).	капалак	гопр	цёлк	капарис	E1	4	4	1	1	6	1	1	3	10	11	0,48	10	5	2	4	0,48	0,18			
Проверка истинности теоретических положений, установление достоверности опытным путем.	верификация	1.2 сверка	1 аккумуляция	0.9 верховенство	E2	0	1	0	7	0	3	1	12	8	16	0,33	0	4	1	19	0,00	0,04			
Сигнал тревоги для оповещения о пожаре или другом каком-л. бедствии, подаваемый улаврами колоколов.	набат	1.3 слесцигнал	0.5 стройбат	1.5 набивка	E2	1	5	1	5	4	1	0	7	12	12	0,50	5	6	1	12	0,21	0,05			
Сильная и продолжительная стрельба из большого количества артиллерийских орудий.	канонада	1.5 артобстрел	0.5 авгострада	2.5 капифоль	E2	3	4	4	1	1	1	4	6	12	12	0,50	4	5	8	7	0,17	0,40			
Слово, оборот речи или грамматическая форма, усиленные, вышедшие из общего употребления	архаизм	0.4 пережиток	2.9 кубизм	0.6 архонт	E1&E2	7	12	0	6	7	6	0	7	25	20	0,56	14	19	0	13	0,30	0,00			
Судел в виде большой чаши, в который погружают ребенка при церковном обряде крещения.	кутель	1.4 чан	1.5 капитель	1.4 куллет	E1&E2	3	10	0	1	10	2	10	14	32	0,30	13	20	2	11	0,28	0,06				
Специаль, обычно устраиваемый в честь одного из его участников как выражение признания мастерства артиста.	бенефис	1.3 дебют	0.7 дефис	0.5 бензол	E1&E2	9	8	0	4	14	8	1	2	21	25	0,46	23	16	1	6	0,50	0,04			
Способ торговли, состоящий в обмене товарами и услугами без использования денег	бартер	1.5 уговор	1.3 кратер	2.1 бармен	E1&E2	6	7	1	9	17	2	0	4	23	23	0,50	23	9	1	13	0,50	0,04			
Термин, примененный к древним рукописным книгам безотносительно их размера и формы (в виде отдельных листов, свитков или кодексов).	манускрипт	1.2 пергамент	2.2 эвалитнг	1.2 малярин	E1&E2	1	11	5	2	14	4	7	19	27	0,41	3	25	9	9	0,07	0,21				
Учение, пытающееся обосновать необходимость освобождения людей от воздействия всех разнородностей общественной власти, чтобы обеспечить полную свободу личности.	анархизм	0.9 безвластие	0.6 фатализм	1.1 анафема	E1&E2	2	6	2	7	18	7	0	4	17	29	0,37	20	13	2	11	0,43	0,08			
Фактически слияние многих городов и населенных пунктов в единое городское поселение	агломерация	мегаполис	аккумуляция	аглостицизм	E1	0	2	5	2	4	2	2	4	9	12	0,43	4	5	7	6	0,18	0,39			
Форма вокально-музыкального произведения, интонационно и ритмически воспроизводящая лексикационную речь, напевная декламация.	ремингтив	1.3 напев	2.3 локомотив	2.4 резонатор	E1&E2	0	2	3	2	3	10	6	17	7	38	0,16	3	13	9	19	0,07	0,22			
Человек, страдающий лирицизмом (психическим расстройством, при котором во сне автоматически совершаются правильные действия)	соннамбула	гипноз	преамбула	сомножитель	E1	4	3	0	1	9	2	0	3	8	14	0,36	13	5	0	4	0,59	0,00			

Memory Access in the Tip-of-the-Tongue State

Olga D. Shmonina

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Vasiliy O. Klaiman

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Anastasiia I. Fedorova

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Andrey A. Chetverikov

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Abstract. The present study investigates the “tip-of-the-tongue” (TOT) phenomenon that arises when we cannot remember something but are completely sure that we know it and will remember it imminently. An empirical study of this phenomenon began with a seminal paper by Brown and McNeill (1966) that demonstrated a correspondence between TOT and objective measures of access to the representation of a forgotten word, such as the ability to recall words similar in sound or in meaning. Subsequent studies supported the Brown and McNeill results and allowed the clarification of which parts of a word’s representation are accessible to people experiencing TOT. The present study aimed to replicate the observed pattern of relationships between TOT and objective measures of memory access in a Russian-speaking population. In addition, we aimed to investigate the confidence aspect of TOT by measuring both confidence in knowledge of the word and predictive confidence in remembering the word. The results of two experiments confirmed the results of Brown and McNeill, and allowed us to show the correlation between TOT and confidence ratings. However, our results also demonstrate that in a forced-choice recognition task participants experiencing TOT perform no better than those who do not experience TOT, when distinguishing between a target and a close (but not an exact) synonym. Thus, we argue that TOT may be better described by inferential access than by direct access theories.

Correspondence: Chetverikov Andrey A., a.chetverikov@psy.spbu.ru, Chebyshevskaya St., 10, 2, 198504 Saint Petersburg, Russia

Keywords: tip-of-the-tongue, recognition, TOT state, confidence

Copyright © 2014. Shmonina Olga D., Klaiman Vasiliy O., Fedorova Anastasiia I., Chetverikov Andrey A. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Aknowledgements. Research was supported by the grant from Saint Petersburg University, #8.23.797.2013.

Received 3 September 2014, accepted 22 September 2014.

References

- Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, 59(4), 390–412. doi: 10.1016/j.jml.2007.12.005
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of memory and language*, 68(3), 255–278. doi: 10.1016/j.jml.2012.11.001
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R. H. B., Singmann, H., & Dai, B. (n.d.) lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-4. Retrieved from <http://cran.r-project.org/package=lme4>.
- Brown, A. S. (1991). A review of the tip-of-the-tongue experience. *Psychological Bulletin*, 109(2), 204–223. doi: 10.1037/0033-2909.109.2.204
- Brown, R., & McNeill, D. (1966). The “tip of the tongue” phenomenon. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5(4), 325–337. doi: 10.1016/S0022-5371(66)80040-3

- Burke, D., MacKay, D. G., Worthley, J. S., & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue: What causes word finding failures in young and older adults? *Journal of Memory and Language*, 30(5), 237–246. doi: 10.1016/0749-596X(91)90026-G
- Chetverikov, A. A., & Odainic, A. S. (2013). Models of subjective evaluation of performance in cognitive tasks: Part 1. Theories of additional evaluation and partial access theories. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 16. Psychology. Education*, issue 3, 55–61.
- Chetverikov, A. A., & Odainic, A. S. (2014). The models of subjective evaluation of performance in cognitive tasks: Part 2. Inferential theories. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 12. Psychology. Sociology. Education*, issue 1, 117–125.
- Cohen, G., & Faulkner, D. (1986). Memory for proper names: Age differences in retrieval. *British Journal of Developmental Psychology*, 4(2), 187–197. doi: 10.1111/j.2044-835X.1986.tb01010.x
- Dorfman, J., Shames, V. A., Kihlstrom, J. F. (1996). Intuition, Incubation, and Insight: Implicit Cognition in Problem Solving / In Underwood G. (ed.) *Implicit Cognition* (pp. 257–296). Oxford: Oxford University Press.
- Hart, J. T. (1965). Memory and the feeling-of-knowing experience. *Journal of Educational Psychology*, 56, 208–216. doi: 10.1037/h0022263
- Jaeger, T. F. (2008). Categorical Data Analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards Logit Mixed Models. *Journal of memory and language*, 59(4), 434–446. doi: 10.1016/j.jml.2007.11.007
- James, W. (1890). *The Principles of psychology* (Vol. I). New York: Holt.
- Karmin, A. S. (2011). *Intuitsiya: Filosofskiye kontseptsii I nauchnoe issledovanie [Intuition: conceptions in philosophy and scientific research]* (In Russian). Saint Petersburg: Nauka.
- Klaiman, V. O., Fedorova, A. I., Shmonina, O. D., & Chetverikov, A. A. (in press). Chuvstvo na-konchike-yazyka i implitsitnaya detektsiya oshibok [Tip-of-the-tongue state and implicit error detection] (In Russian). *Vestnik Yaroslavsogo gosudarstvennogo universiteta im. P. G. Demidova. Series of Humanities*.
- Kohn, S. E., Wingfield, A., Menn, L., Goodglass, H., Gleason, J., & Hyde, M. (1987). Lexical retrieval: The tip-of-the-tongue phenomenon. *Applied Psycholinguistics*, 8(3), 245–266. doi: 10.1017/S0142716400000291
- Koriat, A., & Lieblich, I. (1975). Examination of the letter serial position effect in the “TOT” and the “don’t know” states. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 6(5), 539–541. doi: 10.3758/BF03337562
- Koriat, A., & Lieblich, I. (1977). A study of memory pointers. *Acta Psychologica*, 41(2), 151–164. doi: 10.1016/0001-6918(77)90032-4
- Koriat, A., & Lieblich, I. (1974). What does a person in a TOT state know that a person in a don’t know state doesn’t know. *Memory and Cognition*, 2(4), 647–655. doi: 10.3758/BF03198134
- Kornell, N., & Metcalfe, J. (2007). “Blockers” do not block recall during tip-of-the-tongue states. *Metacognition and Learning*, 1(3), 248–261. doi: 10.1007/s11409-007-9003-z
- Kozlowski, L. T. (1977). Effects of distorted auditory and of rhyming cues on retrieval of tip-of-the-tongue words by poets and nonpoets. *Memory and Cognition*, 5(4), 477–481. doi: 10.3758/BF03197389
- Lyashevskaya, O., & Sharov, S. (2009). *The frequency dictionary of modern Russian language*. Moscow: Azbukovnik.
- Pinheiro, J. C., & Bates, D. (2000). *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4419-0318-1
- Reason, J. T., & Lucas, D. (1984). Using cognitive diaries to investigate naturally occurring memory blocks / In J. E. Harris and P. E. Morris (Eds.), *Everyday memory, actions and absent mindedness* (pp. 53–69). San Diego, CA: Academic Press.
- Rubin, D. C. (1975). Within word structure in the tip-of-the-tongue phenomenon. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(4), 392–397. doi: 10.1016/S0022-5371(75)80018-1
- Shirley, D., & Langan-Fox, J. (1996). Intuition: A Review of the Literature. *Psychological Reports*, 79(2), 563–584. doi: 10.2466/pr0.1996.79.2.563
- Smith, S. M., Brown, J. M., & Balfour, S. P. (1991). TOTimals: A controlled experimental method for studying tip-of-the-tongue states. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29(5), 445–447. doi: 10.3758/BF03333966
- Widner, R., Smith, S., & Graziano, W. (1996). The effects of demand characteristics on the reporting of tip-of-the-tongue and feeling-of-knowing states. *American Journal of Psychology*, 109, 525–538. doi: 10.2307/1423392
- Yaniv, I., & Meyer, D. E. (1987). Activation and metacognition of inaccessible stored information: Potential bases for incubation effects in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(2), 187–205. doi: 10.1037/0278-7393.13.2.187
- Yarmey, A. D. (1973). I recognize your face but I can’t remember your name: Further evidence on the tip-of-the-tongue phenomenon. *Memory and Cognition*, 1(3), 287–290. doi: 10.3758/BF03198110

A Genetic Approach to the Study of Simple Cognitive Abilities in Animals

Inga I. Poletaeva

Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Zoya A. Zorina

Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. One of the urgent problems in cognitive studies and in neurobiology as a whole is to delineate the impact of genetic factors in the variability of animal cognitive abilities. The concept of animal cognition is frequently used in a broad sense to include all phenomena with behavioral manifestations of neural plasticity. The variable phenomena related to animal cognition could be subdivided into two main categories, although only the first of them will be analyzed in this paper. The first category is represented by “basal” cognitive abilities, which embrace spatial cognitive behavior and elementary reasoning (simple logic task solutions). The second one mainly concerns more complex cognitive abilities including tool manufacturing in new situations, generalization up to the level of pre-verbal concept formation, symbolization, etc. The genetic influence on cognitive processes in animals may be investigated only in the domain of basal cognitive abilities. Studies are conducted mainly in rodents using different experimental models. However, performance has been typically compared in individual animals which are presumably different in genotype (e.g., selected animals and mutants). In this paper, a short review of such studies is followed by the description of original data on rodents’ elementary logic task solutions obtained in our experiments. The experiments used unique genetic models and an extrapolation task that addresses a relatively simple basal cognitive trait. Our experiment on selection for high extrapolation ability scores was performed for the first time, and inter-strain differences which emerged in these animals are described.

Correspondence: Inga Poletaeva, ingapoletaeva@mail.ru, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, 119234, GSP-1, Vorobëvy Gory, 1, corp. 12, Moscow, Russia

Keywords: animal reasoning, cognitive abilities, cognitive tests, extrapolation ability, rodents, physiological and genetic mechanisms, selection for cognitive trait, genetic models, selected lines, robertsonian translocations

Copyright © 2014. Inga I. Poletaeva, Zoya A. Zorina. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgments. The work was partly supported by Russian Foundation for Basic Research N 13-04-00747, N 12-04-00360.

Received 1 May 2014, accepted 26 September 2014.

1. Introduction

General Issue

In the early days of animal behavior studies, the cognitive abilities of various animal species were regarded as equal to their learning capacities, although Charles Darwin pointed out that animal reasoning is a distinct category of adaptive behavioral acts. During the 20th century, experimental evidence accumulated which confirmed this point with the main impact derived from experiments on ape logic problem solving capacities (Kohler, 1921; Ladygina-Kots, 2002; Firsov, 2010; Firsov & Chizhenkov, 2003). Edward Tolman’s (1932, 1948) and Leonid Krushinsky’s (1990,

2009) experimental impacts and their general conclusions made it apparent that various types of cognitive behavior are also represented in the behavior of non-primate vertebrates (Bagotskaya, Smirnova, & Zorina, 2012; Olton, 1977; Olton & Samuelson, 1976; Olton et al., 1992; Meck, Church, & Olton, 1984/2013; Koehler, 1956; Wasserman & Zentall, 2006; Zorina & Smirnova, 2013; Zorina & Obozova, 2012).

The body of experimental results obtained in the field of animal reasoning has made it possible to claim that the existence of these abilities is a real phenomenon, distinct from behavioral acts based on habit acquisition (i. e., on learning per se)¹ (Zorina & Poletaeva, 2001/2011).

¹ Darwin’s views on the evolutionary role of animal behavior and on animal reasoning offered ideological support for Leonid Krushinsky,

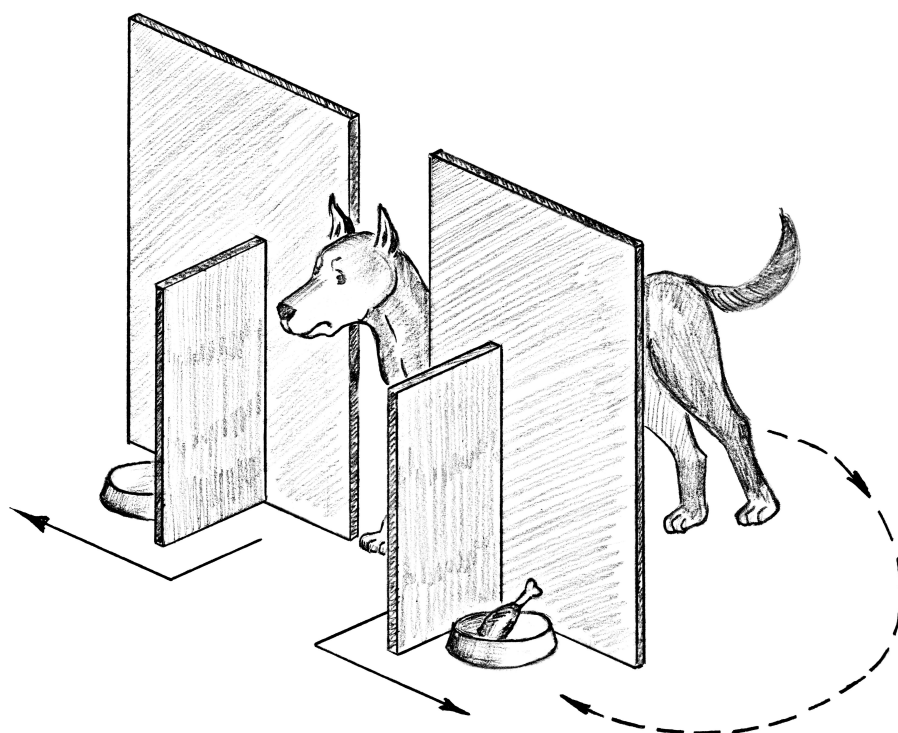


Figure 1. The experimental device (the screen experiment initially developed by Krushinsky; see Krushinsky, 2009 for review) which was used for testing extrapolation ability in mammals (cats, dogs, foxes, wolves et al.) and birds (corvid birds, chicken, pigeons, ducks, geese et al.). The opaque screen has a vertical slit in the middle. Behind the screen two food bowls could move along the horizontal rail (not shown). The food could move to the left or to the right and disappear from the animal's view rather quickly with the help of flexible flaps. The animal trajectory for a correct task solution is shown by hatched line

According to contemporary views acquired both in cognitive science and in neurobiology, animal cognitive abilities include phenomena which differ according to the level of complexity (Zorina & Smirnova, 2013; Poletaeva & Zorina (eds), 2013; Wasserman & Zentall, 2006; Reznikova, 2007). Animal cognitive abilities embrace at least two major categories of phenomena. The first one consists of basal, universal forms, which are actually inherent to all vertebrates. They include spatial behavior and memory, elementary logic tasks solutions including extrapolation ability, which will be described below (Krushinsky, 1990, 2009) and generalization capacity of a low level (Wasserman & Zentall, 2006). The second category includes capacities inherent to several groups of higher vertebrates (primates, dolphins, passerinae birds and parrots). In addition to possessing basal cognitive functions, these animals are able to demonstrate much more complicated forms of cognition, including mental functions ranging from complicated logic task solutions up to tool manufacturing in new situations (Firsov, 2010; Firsov & Chizhenkov, 2003; Shumaker, Walkup, & Beck, 2011), as well as generalization up to the level of pre-verbal concept-formation, symbolization and some types of logic inference (Zorina & Smirnova, 2013).

It is not possible to compare animal cognition both for basal cognitive abilities and mental operations of a higher order in the framework of this paper. The present review

who initiated his novel experiments in the USSR (starting with extrapolation task experiments) at a time when it was almost impossible to deviate from Pavlovian conditioning theory (especially after the infamous Pavlovian meeting of two academies in 1950). At the end of the 1960s, Krushinsky defined elementary animal reasoning as the ability of an animal to apprehend the empirical laws which act in the external world and which determine different types of connections between objects and events, and the animal's ability to program its adaptive behavior according to these laws. The terms "animal cognition" and "animal cognitive abilities" appeared later and embrace a wider range of phenomena including instrumental and classical conditioning, perception, attention and habituation.

will deal mainly with the analysis of spatial learning and memory, as well as elementary logic task (extrapolation) solutions. A comparison of cognitive behavior of different degrees of complexity within the same species could also be instructive. It is also evident that genetic studies of animal cognition are currently possible only in the range of basal cognitive abilities. The respective models are represented mainly by rodent strains and stocks (predominantly rats and mice). It should be mentioned that data on differences in rodent strains selected for high and low learning abilities (i.e., RLA vs. RHA, Trayon maze bright vs. Trayon maze dull rats) are not covered by this review, although many authors consider them to be the main genetic models for cognitive behavior study.

Animal Reasoning: Extrapolation Ability. Comparison of Extrapolation Ability in Wild and Domestic Mammals

Leonid Krushinsky (1911–1984) belonged to the Russian school of experimental biology, led by prominent scientist Nikolay Koltzov. Krushinsky's interest in animal behavior combined successfully with his experimental skills and vast experience studying dog behavior and biology. At the same time, he was an ardent naturalist who made a lot of interesting discoveries while watching wildlife in Russia's Taiga forest. One of his observations led him to the discovery of a new animal reasoning paradigm — the extrapolation task.

As the story goes, Krushinsky's dog discovered a quail which ran away quickly in a straight trajectory and disappeared inside a line of bushes which was surrounded by open space. Instead of trying to penetrate the thick bush, the dog slowly went around it and waited for the prey where it would be expected to appear presuming its trajectory was still straight. This episode (and several ones of the same sort) was the starting point for Krushinsky to suggest that an animal could not only learn, but could also possess

the capacity to understand the relationships which connect events and objects in the environmental world and to use this understanding for adaptive behavior. The behavioral reactions which occur in situations when no previous training could help — that is, when identical previous experiences (i.e., learning) do not exist — served for Krushinsky as the essential empirical ground for the new cognitive test which was introduced in his laboratory practice in the mid-1950s. That was the test for extrapolation (see Fig. 1).

Krushinsky's test for extrapolation consisted of the following components. A hungry animal sees the food bait via a vertical slit in a rather large opaque screen (large enough for the animal to begin eating through the slit), and the animal starts to eat. After a few seconds, the bait moves aside and disappears from the animal's view. The correct solution of the problem is for the animal to move in the direction in which the food disappears, extrapolating the food's future position (in which it becomes available again). The solution requires that the animal: i) masters the law (rule) of object permanence: the object, which was seen but has disappeared, still exists and ii) is able to understand laws of motion: that if an object moves straight, it will be found in a more or less predictable place.

Vertebrate animals of many taxonomic groups have been studied using this test, which made it possible for researchers to build the variant of *scala naturae*, ranking animal species according to their success in the extrapolation task. This range coincides mainly with the degree of species' brain complexity (Krushinsky, 1990, 2009; Zorina & Poletaeva, 2001/2011).

Two more elementary logic tasks were introduced into laboratory practice by Krushinsky (1990, 2009). They were:

1) A test which evaluates the capacity of an animal to understand that the bait (which possesses a certain volume) could be hidden only in a voluminous (3-D) geometrical object, such as a cube or pyramid, and could not be hidden in the flat object of the respective geometrical form, such as a cardboard square or triangle, respectively. At the start of the experiment, an animal perceives both figures which stand upright in front of it. The figures start to rotate slowly, thus demonstrating their flatness and/or voluminosity.

2) The so-called Revez-Krushinsky test, in which animals have to determine the rule of hidden object displacement. The subject is presented with a row of small upturned cylinders. At each task presentation, the bait is hidden under one of them. An animal starts the food search and upturns several of these cylinders until it finally finds the bait. At each successive presentation, the bait is placed under a nearby cylinder. Thus, the place of the hidden bait changes systemically from trial to trial along the row of caches (Pleskacheva & Zorina, 2012).

Both tests are much more difficult for many animals than the test for extrapolation. Several species which master the extrapolation test were not able to solve the more complex tests, including dogs. Thus, dimensionality and Revez-Krushinsky tests address the second category of cognitive abilities (not basal, but complicated) and their results will be analyzed elsewhere.

2. Genetic Approach to Animal Cognition: Progress and Difficulties

The main difficulty in genetic research of animal behavior is the high complexity of the respective traits. Although the laboratory mouse is rather well investigated in both physiology and genetics (e.g., Goldowitz et al. (eds), 1992; Crabbe et al., 1999; Wahlsten, 2011), the search for the genetic base of many behavioral traits is still problematic. Several hundred monogenic and chromosomal mutations in mice have been described, which have been shown to influence brain morphology and behavior (e.g., Boake et al., 2002; Williams & Mulligan, 2011; Wahlsten, 2011). Purposive connections — beyond simple correlations — were established between gene mutation and changes in behavior (Schwegler et al., 1990, 1991). However, researchers face difficulties of the highest degree when the analysis of cognitive abilities is performed (Lipp et al., 1989, 1996; Schwegler et al., 1990, 1991; Upchurch & Wehner, 1989; Wehner et al., 1997; Steinberger et al., 2003).

Rodents, which are most appropriate for genetic and physiological traits studies, proved to be "critical" with respect to extrapolation ability scores. This ability is weakly developed in laboratory rats and mice. In the 1960s and early 1970s, two unique experiments were performed in Krushinsky's laboratory. Two "parallel" pairs of mammalian forms (wild and domesticated) were tested for extrapolation ability: wild vs. domesticated foxes (the latter were silver foxes from fur farms) and wild vs. laboratory rats. Wild and domesticated foxes solved the extrapolation task in a significantly non-random way, with wild foxes significantly superior to domesticated ones in this test¹. Further details of extrapolation ability studies using rats and mice of different genotypes will be given below.

3. Basal Cognitive Abilities in Animals. Spatial (Mental) Mapping in Animals and Genetic Approaches in Search of Mechanisms

Animal capacity for spatial learning and memory, extensively investigated for more than 30 years, belongs to the category of basal cognitive abilities. This type of cognitive ability requires the formation of mental representations of spatial environmental characteristics. The investigation of "spatial map" in laboratory rats was started by Edward Tolman (1886-1959) and is studied in the paradigm of orientation skills acquisition using radial and Morris water mazes. The concept of a given environment's spatial organization, once developed, could be used by an animal in the future, in that an animal is able to utilize a spatial memory engram². The spatial memory is not a uniform

¹ Domesticated foxes used in these experiments were animals obtained in the course of a well-known unique domestication experiment, which started at the Novosibirsk Institute of Cytology and Genetics (USSR Academy of Sciences) in the early 1960s (see Trut, 1999).

² The prominent Russian zoologist Valentin Pazhetnov, a brilliant specialist in brown bear behavior, made a detailed description of how the wild bear thoroughly mastered the space of his individual area using shortcuts and navigating through previously unused parts of the woodland territory (Pazhetnov, 1990).

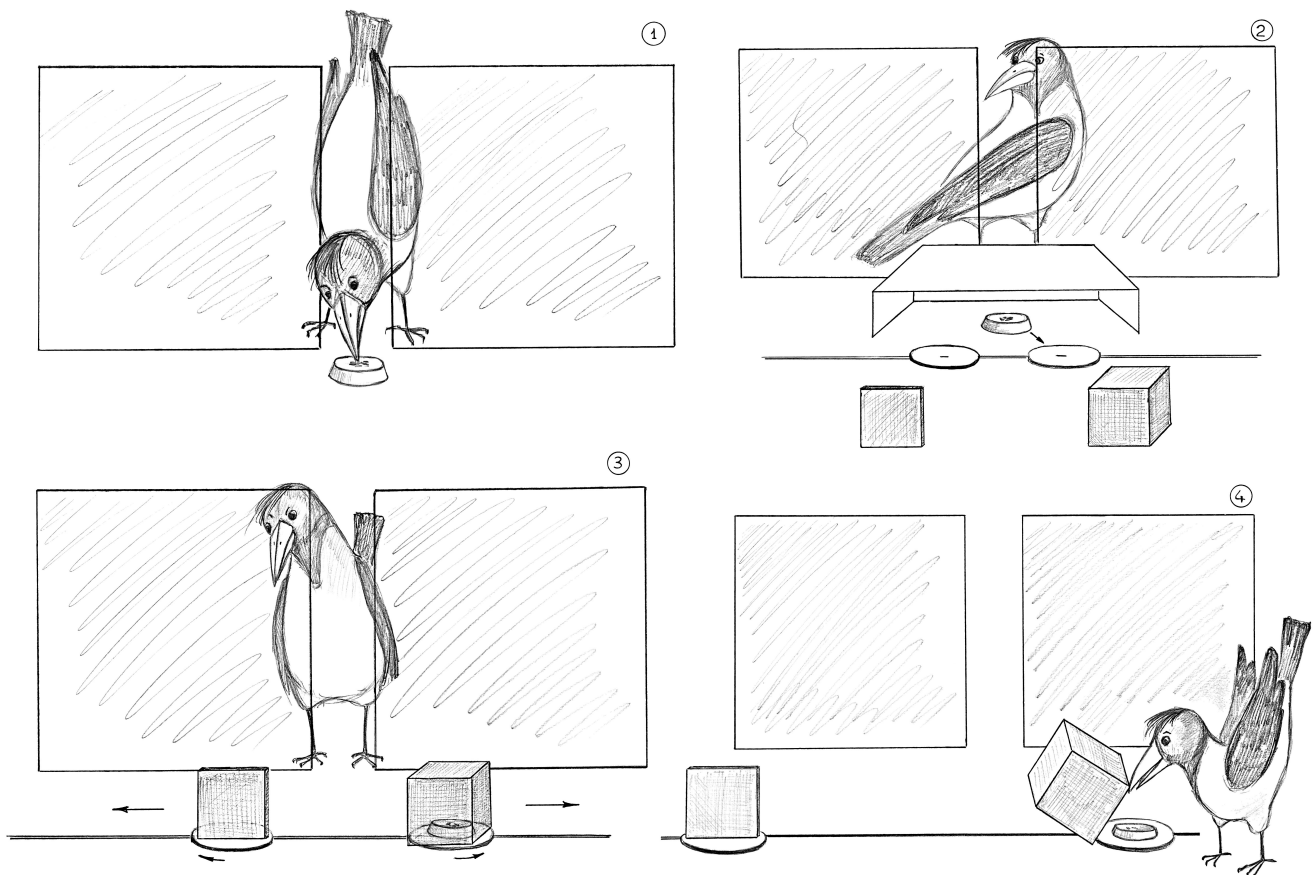


Figure 2. The scheme of the “dimensionality” test.

1. The subject (here, a bird) sees the bait through the slit and starts to eat.

2. The food source is hidden from view. Under the screen, the food is covered by a nontransparent cube and the flat square carton is mounted close to this cube (the area of the square is equal to that of the cube side).

3. The bird sees the dilemma (where could the food be hidden?). As these two objects (the rectangular carton and the cube) move slowly in opposite directions, the bird (wishing to proceed with eating the tasty meal worms) has to decide in which direction to go.

4. It obtains the reward if it moves to the side of the cube movement, pushes the cube and gets the reward

phenomenon; it may be operant memory (i.e., the memory traces used during this rather short time interval) or working memory (the traces which are needed to solve the problem with the given constellation of objects and events). It had been obvious from the beginning of such studies that this conceptual framework is not compatible with a “stimulus-response” (SR) paradigm. The experiments using these techniques made it necessary to revive Tolman’s ideas, which were formulated very much ahead of his time.

The History of the “Mental Map” Idea

Tolman was influenced by the ideas of the Gestalt psychologists, although he belonged to the Behaviorism scientific school by his prime interests and chosen methodology. Tolman used behavioral methods to study and understand mental processes, an idea which strongly opposed the main behavioristic paradigm. Tolman experimented with rats who learned to navigate complicated mazes, which served as the basis for his “cognitive map” hypothesis. This hypothesis was supported by numerous successors in spatial learning and spatial orientation experiments several decades after Tolman’s initial experiments (Olton, 1992). In his studies of learning in rats, Tolman sought to demonstrate that animals could learn facts about the world which they could subsequently use in a flexible

manner, rather than simply learning automatic responses that were triggered by environmental stimuli. In his famous paper “Cognitive Maps in Rats and Men” (1948), he claimed that he belongs not to the school of scientists who stress the prime importance of the stimulus-response principle, but to the school of so-called field theorists. He wrote: “...we believe that in the course of learning something like a *field map of the environment* (italic ours) gets established in the rat’s brain. We agree with the other school that the rat, in running a maze, is exposed to stimuli and is finally led as a result of these stimuli to the responses, which actually occur. We feel, however, that the intervening brain processes are more complicated, more patterned and often, pragmatically speaking, more autonomous than do the stimulus-response psychologists. Although we admit that the rat is bombarded by stimuli, we hold that his nervous system is surprisingly selective as to which of these stimuli it will let in at any given time.” This is the idea of the “mental map” formation.

Around the same time period, Ivan Beritov (also known as Ivan Beritashvili) made a series of experiments with dogs on their orientation in space highlighting the involvement of recent memory traces. The interpretation of these results was also based on the concept of respective “internal representations” in these animals (Beritov, 1967).

Radial and Water Maze Era

The first experimental data from the “new wave” of interest in the spatial map problem developed from hippocampus studies, which indicated that hippocampal lesions resulted in changes which looked more or less confusing when authors tried to explain them in the framework of the SR paradigm (e.g., Olton, 1972). The first test which aimed to evaluate animals’ spatial learning and specifically the importance of working and reference memories was the radial maze test (Olton, 1977). In the first experiments and in hundreds of others which followed, the navigation of an animal was proven to “work” in the space created in a lab room by eight or more maze alleys (arms) extending from a central area. An animal (usually a rat or mouse, although some other species as well) uses beacon cues from outside of the maze to find the respective arm in which the food is located. The “spatial” but not SR mode of animal orientation, both in the “classic” radial maze paradigm and in its different versions, demonstrated the real existence of specific spatial knowledge and memory (Olton, 1992; Olton et al., 1992; Teather, Packard, Smith, Ellis-Behnke, & Bazan, 2005; Wahlsten, Cooper & Crabbe, 2005; Lerch et al., 2011). One of the early works in this field was that of Olga Buresova, who demonstrated that rats which are overtrained in the 12-arm radial maze show considerable transfer of the habit to a maze consisting of 12 parallel alleys entered from a common choice area. When isolated maze channels equipped with one-way doors on both ends are randomly scattered over an enclosed area of 2 m², the rats were able to visit them sequentially, even when they encountered this particular configuration for the first time (Buresova, 1980). The role of the hippocampus in this type of behavior was confirmed in subsequent studies (Morris, 1984; Buzsaki et al., 1990; Goh & Manahan-Vaughan, 2013).

The water maze test was introduced by Richard Morris several years after Olton’s radial maze test (Morris, 1981), and both tests quickly became popular. The experiment is usually performed in the following way. The experimenter place an animal into a circular tank filled with water. The animal is motivated to avoid the unpleasant water milieu. In search of a plausible exit, it swims around the whole area and occasionally finds the safe platform, hidden under the water surface (water in the tank is made opaque in order to prevent searching the platform visually). The special visual cues on the walls around the water tank serve as visual beacons, which provide the animal orientation in this space. During further task presentations, the animal is released each time from a different point of the tank’s periphery. The spatial learning of an animal is assessed by shortening the platform search time. It is also possible to use the “cued” (i.e., operant) version of the same test in which the platform is made visible and can be marked by a special cue. It was also demonstrated that the success of finding the hidden platform in the “spatial” version of the test depended on hippocampal (and other structures) function. Thus, this test permitted a comparison of animal performance in the “cued” (operant) and “spatial” (cognitive) test versions in order to reveal the specificity of the physiological mechanisms involved in their performance (Wenk et al., 1987; Sara, Devauges, Biegón, & Blizard, 1994; Pleskacheva et al., 2002; Grootendorst, Enthoven, Dalm, de Kloet, & Oitzl, 2004; Lerch et al., 2011; Dragoi & Tonegawa, 2014;

Miyoshi et al., 2012; Sultana et al., 2013; Arp et al., 2014). The plausible gene expression differences were analyzed as well (Paratore et al., 2006; Steinberger et al., 2003, among others). Using the technique of early gene expression in the mouse brain, it was demonstrated that distinct and simultaneously working plasticity mechanisms are active during different phases of the Morris water maze training (Laeremans et al., 2014). The differential involvement of rostral and caudal hippocampal areas in spatial “knowledge” formation was demonstrated as well (Kuptsov, Pleskacheva, Voronkov, Lipp, & Anokhin, 2006, 2011). Hippocampal place cells, discovered 40 years ago, have been extensively studied, and it was demonstrated that they provide an exquisitely detailed representation of an animal’s current location and heading. The key properties of the major categories of spatial cells — place cells, head direction cells, grid cells and boundary cells — were specified (Hartley, Lever, Burgess, & O’Keefe, 2014).

Mossy Fibers Projection Size and Spatial Competence

A series of extensive studies began in the late 1980s which demonstrated that rodents’ performance success in the radial maze and Morris water maze tests correlated with the size (area or volume) of infra- and intrapyramidal mossy fiber (iiP-MF) projections in hippocampal CA3 pyramidal neurons, while no genetic variation was found for the suprapyramidal layer MF projection field (Schwegler, Crusio, & Brust, 1990, 1991; Crusio, Schwegler, & Brust, 1993). This type of correlation reflected the real participation of a definite hippocampal circuit in spatial behavior and was shown for several mouse and rat strains differing in spatial navigation capacities. Moreover, the early postnatal thyroxin treatment of DBA/2 mice (chosen because of scant iip-MF projections and poor radial maze learning) induced the increase in the volume of iip-MF and the decrease of errors in the radial maze test. Parallels were also found in Morris water maze scores, the size of iip-MF and ecological specialization of two wild vole species, namely *Clethrionomys glareolus* and *Microtus oeconomus* (Pleskacheva et al., 2000). The differences in spatial memory and iip-MF scores corresponded to the ecological lifestyle of these two species and were in line with previous observations on the role of the iip-MF.

The performance in spatial tests by mice and rats of different genotypes had been analyzed since early descriptions of these tests in numerous works (e.g., Ammassari-Teule & Carpioli, 1985; Nguyen, Abel, Kandel, & Bourthouladze, 2000; Yoshida, Goto, & Watanabe, 2001; Sunyer et al., 2008; Patil, Schlick, Höger, & Lubec, 2010; Gökçek-Saraç, Karakurt, Adalı, & Jakubowska-Doğru, 2012; Matsuo et al., 2010; de Bruin et al., 2006). It is not possible to make even a short analysis of the respective publications as the field is extremely broad. The roles of several signalling cascades in different brain areas (hippocampus, prefrontal and entorhinal cortical and striatal areas) were demonstrated (Becker, Walker, & Olton, 1980; Pang, Williams, Egeth, & Olton, 1993; Lerch et al., 2011; Teather et al., 2011; Miyoshi et al., 2012). Genome wide association studies (GWAS) and quantitative trait loci (QTL) techniques were successfully used to demonstrate that different sets

of brain genes were expressed during Morris water maze performance in comparison to the situation of passive avoidance learning (Steinberger et al., 2003; Wahlsten et al., 2005; Paratore et al., 2006). The chromosomal regions which non-randomly participate both in spatial learning success and in the accuracy of performance were also mapped (Ruiz-Opazo & Tonkiss, 2006; Herrera et al., 2013).

The numerous knockouts (KOs) of genes participating in brain function are accompanied by the impairment of spatial tests performance (e.g., Sarnyai et al., 2000; Wang et al., 2004; Duclot, Jacquet, Gongora, & Marice, 2010; Wincott et al., 2014, etc.) or by improvement in these behaviors (e.g., Hussaini, Kempadoo, Thuault, Siegelbaum, & Kandel, 2011; Yadav et al., 2013; Terunuma et al., 2014). The latter cases are of special interest as these data could point to the most important links in the chain of neuronal events which underlie the cognitive behavioral act from the domain of spatial orientation and behavior.

No special efforts have been made to analyze the performance of animals in spatial tasks using genetic approaches other than mutation analysis — namely, no selection experiments with further analysis of behavior in hybrids were done. The hybrid F2 mice from a cross between C57BL/6J and 129sv mice was also used in order to make the frame of reference as numerous KO's were created using this genetic background, and it was shown that these mice outperformed mice of both parental strains in the Morris water maze test (de Bruin et al., 2006). Usually, the hybrids of different rat or mouse strains were used in the radial maze and Morris test studies for the purpose of examining different drug treatments (e.g., Hasenohrl et al., 1999), as F1 hybrids' performance is usually much more uniform than that of inbred-strain animals. The use of F1 in these studies makes the interpretation of drug effects more reliable. The selection experiment, especially using rats as subjects, is a time-consuming and costly enterprise. This point could easily be regarded as a reason against such types of study, although the small (and probably not consistent) range of individual differences demonstrated by rats and mice in these tests could be another reason. The second may not be true as mouse strains (e.g., DBA/2 and C57 BL) showed consistent and reliable Morris test differences (Vöikar, Polus, Vasar, & Rauvala, 2003).¹

Overall, spatial cognitive abilities, at least in rodents, have been studied extensively. The main results of physiological and genetic investigations of this function reveal that these processes, as well as instrumental and classical conditioning, represent those behavioral phenomena in which neural-behavioral plasticity was manifested. At the same time, spatial orientation paradigms imply the functioning of mechanisms which are different from those involved in other forms of learning.

4. Basal Cognition in Animals. Elementary Logic Task Solutions. Is it Possible to Find out How Genotype Influences This Behavior?

The short history of extrapolation ability studies, initiated in Krushinsky's laboratory, were presented in the Introduction in order to describe the main features of the experimental approach used in our study. Even after the first experiments on extrapolation ability in dogs, cats, crows and other species, it became clear that individual differences exist in this task performance. Of course, the idea emerged that developmental biases and genotype may be factors underlying this variability.

Start of Krushinsky's Studies of Animal Extrapolation Ability Using Genetic Approaches

The role of genotype in extrapolation test performance was first studied in comparative experiments using wild and domesticated animals. Two pairs of forms (wild and domesticated foxes and rats), presumably different in genotype, were compared for their extrapolation ability at the first task presentation, when no previous experience of this task solution (i.e., learning) could influence the results (for a review, see Poletaeva, Popova, & Romanova, 1993). The scores of multiple presentations of the extrapolation test were also analyzed.

The data on experiments with rats of different genotypes are presented in Figure 3. As in the case with foxes, extrapolation performance of the wild brown rats was significantly higher than that of laboratory rats, although unlike domesticated foxes the laboratory rats performed poorly in this task (their scores were not different from random choice level). The F1 hybrids between wild brown rats and rats of a laboratory strain (audiogenic seizure prone strain — KM) were obtained. These animals performed excellently in the extrapolation task, although the tiresome procedure of handling them was applied to each pup during the first two to four weeks of life, in order to tame them as a prerequisite for testing them in the extrapolation box. If not handled, the hybrid rats (as well as wild Norway rats) developed the extreme forms of anxiety and "fearful" aggression. Hybrid rats of the initial F1 population did not display an increased fear reaction, and those animals of further generations which were chosen for breeding to obtain animals of each next generation were not fearful either. The summarized extrapolation scores of F2–F4 rats were not higher than those of F1 (i.e., hybrids between wild and laboratory rats), and these animals in their majority were extremely fearful in the situation of the extrapolation testing box. Thus, animals from F2–F4 generations were fearful despite intense handling during adolescence, similar to that of F1. This increased fear was an obstacle to obtaining data when the extrapolation test was used, as these animals did not approach the food, although they were very hungry. After the failure of the first selection experiment, similar selection attempts were made two more times with the same results. The further breeding of rats was stopped in all cases, as it was not possible to test extrapolation ability in animals displaying intense fear in the experimental box. The plausible explanation of increased fear in the progeny

¹ During the past 20 years, the radial maze and Morris water maze tests were extensively used in pharmacy and pharmacology research. This indicates that the techniques are actually of rather high practical importance. Thus the methodology first introduced for fundamental animal behavior research proved to be important for practical needs as well.

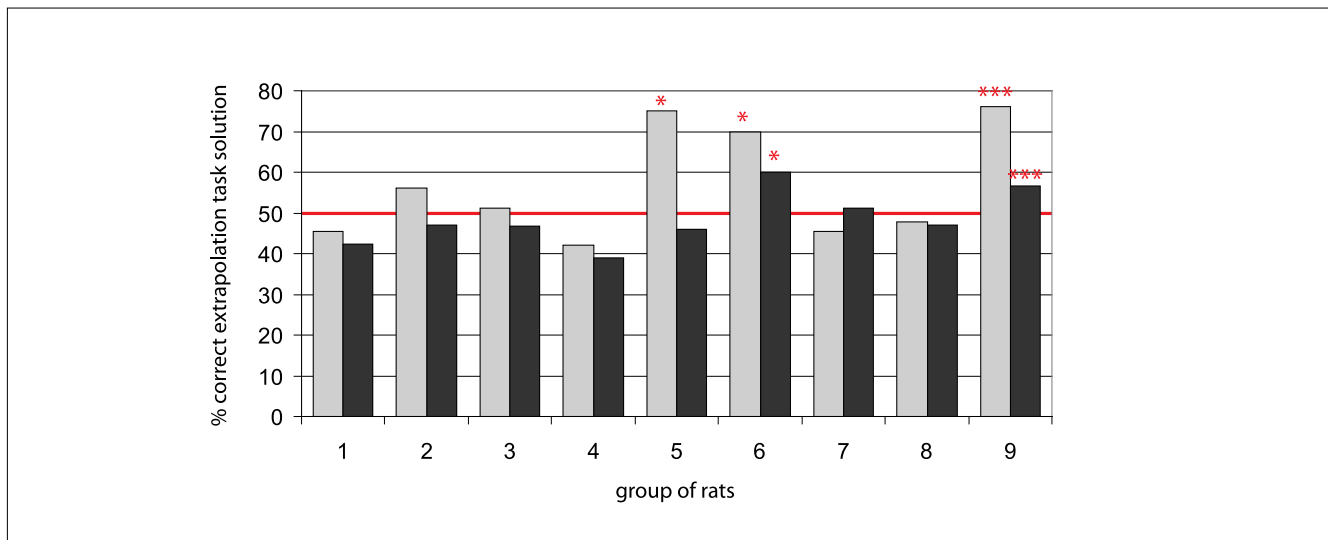


Figure 3. The proportion (in %) of correct extrapolation task solutions by male rats of different genotypes. Data presented in the diagram was first published in 1975 (see Poletaeva et al., 1993). Grey columns represent the scores for the first task presentation; black columns represent the scores for 12–18 task presentations. The y-axis shows the percentage of correct choices for each group of rats

1: rats of audiogenic seizure prone strain Krushinsky-Molodkina, KM strain
2: AUG/Sto rats
3: WAG (Wistar derived inbred rats)
4: tame brown rats
5: wild brown rats
6: F1 hybrids KM x wild rats
7: F1 hybrids KM x AUG
8: the scores for correct task percentage, summarizing data for all laboratory rats

(n = 191 rats)

9: the data summarizing the similar data for all rats with different proportions of “wild” rat genotype (n = 176 animals)

*****, ******* significantly different from 50% chance level (ϕ – Fisher test for alternate proportions), with $p < 0.05$ and $p < 0.001$, respectively

of rats which were selected for breeding because of their fearfulness could be the close “causal” connection between the genetic basis of this cognitive trait (high extrapolation scores) and those brain mechanisms which provide fear responses.

Extrapolation Test Details in Experiments with Mice

In further experiments in the area of behavior genetics of extrapolation ability, laboratory mice were used. The experimental device for testing extrapolation ability was different from the “classic” screen test used for larger animals (see Fig.1). The reason for this change was to make it possible not to remove an animal from the box after each test presentation, thus avoiding the unnecessary stressful stimulation. The device was the opaque open box which contained two reward chambers and the central feeding site (see Fig. 4). At these locations, the mouse could reach a small food cup containing milk through holes 10 mm in diameter. Two identical cups were mounted on the bar in front of the wall outside of the box and could be slid manually to the lateral feeding sites. One of these cups could be moved to the right, and the other to the left of the central feeding site. Mice were food and water deprived for 15 to 16 hours. On the test day, each individual mouse was placed into the box. The animal started to drink milk from one of the cups via the central opening (feeding site). After three to five seconds of drinking, the cup was moved slowly to the right or to the left. The mouse could follow this displacement for one to two centimetres of the trajectory and then the food cup disappeared from its view. The second cup (also containing milk) was moved in the opposite direction, remaining invisible to the animal. This was performed to balance the odor cues from both sides of the box. The cup from which the animal started to drink moved

to and stopped in front of the respective side opening. The choice of the feeding location (either indicated by perceived movement of the food cup or chosen by chance) was registered as the correct task solution while the cases when an animal approached to opposite side opening was qualified as an incorrect solution. If no approach was performed for 120 seconds, it qualified as a “zero” solution. The experimental session included six trials. The data were presented as the two separate scores, with proportions of correct task solutions from the total number of them both for the first task presentation and for the six presentations in sum.

5. Cognitive Abilities in Mouse Models. Extrapolation Ability in Mice with Chromosomal Mutations. Elevated Reasoning Ability in Extrapolation Test

Using Mice with Chromosomal Rearrangements (Anomalies)

As mentioned above, mice of inbred strains (CBA, DBA/2, C57Br, A/He, BALB/c, 101/HY) solved the extrapolation test in most cases by chance, the proportion of correct choices rarely rising significantly above the chance level, although some exception were discovered as well. Experiments with numerous mice of different inbred strains show that in C57BL/6J and BALB/c mice, this score could be significantly above the chance level in several definite samples of animals, although no such prevalence of correct choices were noted in the CBA/Lac/Sto strain (these mice were also biased to alternate the direction of movement from the cen-

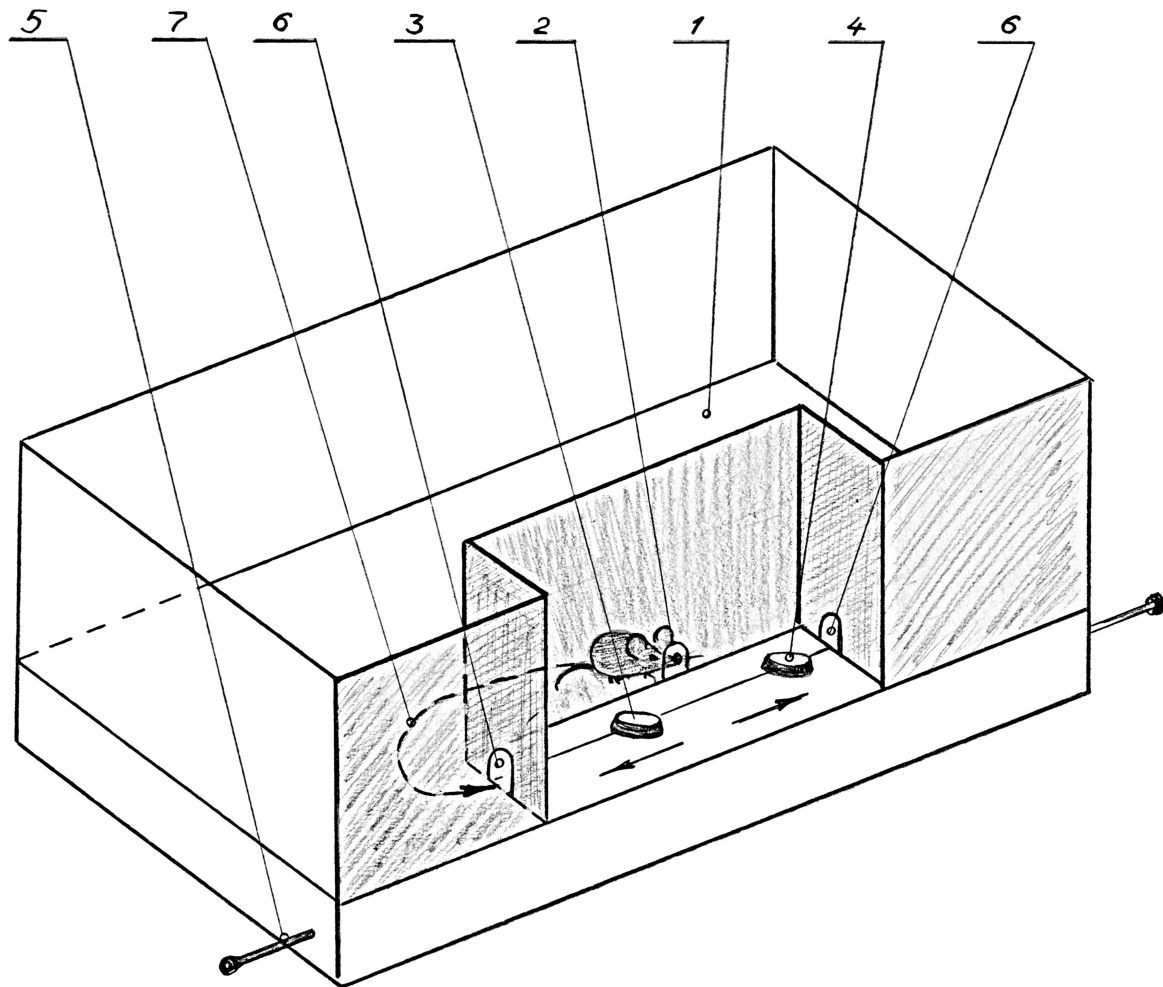


Figure 4. Experimental box for extrapolation ability testing in experiments with mice.

1: poach wall (other sides of the box are also non-transparent).
2: central opening, via this small "hole" a mouse starts to drink milk from the small food cup, located behind the wall. Two food cups move along a horizontal plane while attached to respective handles (**5**).
3 and 4: cups containing milk. The cup in front of the central opening (**3**) is the one from which the mouse starts to drink milk, while the other is the control cup (in this picture it is placed rightwards, which is not visible to the animal as the central opening is small).
6: the side opening, which serves to provide milk to the animal in case the correct choice is performed; it is located in the small side part of the experimental box.

7: the hatched line shows the mouse the way towards the "correct" side opening.
 So, an animal has to move in the respective direction (which is chosen either by chance, or on the basis of information grasped from the cup movement direction). Thus an animal has to turn "around the corner" were the food is provided. If it moves to the opposite direction and approaches another side opening, the milk is not provided, as the control cup stays at the distance which the mouse muzzle cannot reach. The direction of food cup movement alternated in quasi random order when no more that two consecutive cup displacements in the same direction were permitted by protocol.

tral opening to side holes in a strict left-right-left-right etc order). The incentive for analyzing extrapolation ability in mice was the search for the genetic group(s) of laboratory mice which reveal extrapolation ability in reliable and significantly non-random levels. Following this idea, we tested mice from the collection in the Embryology Department of Leningrad Institute for Experimental Medicine (IEM). Andrey Dyban, the head of this department, and Vladislav Baranov provided a large number of mice which had various chromosomal rearrangements.

Extrapolation Ability in Mice with Partial Trisomies for Autosoms

The specified breeding scheme of mice-carriers of reciprocal¹ (not robertsonian) translocation T43 (16, 17) H and mice with robertsonian translocation (fusion) Rb (16, 17) 6Bnr was performed. In the progeny of such crossing, a small number of progeny carried two normal chromosomes N 17 and the excessive portion of chromosome 17, which was translocated to chromosome 16. Thus, these

¹ Reciprocal chromosomal translocation is a chromosomal rearrangement which implies that two non-homologous chromosomes interchange their two fragments. During this process, at least two chromatids breaks take place.

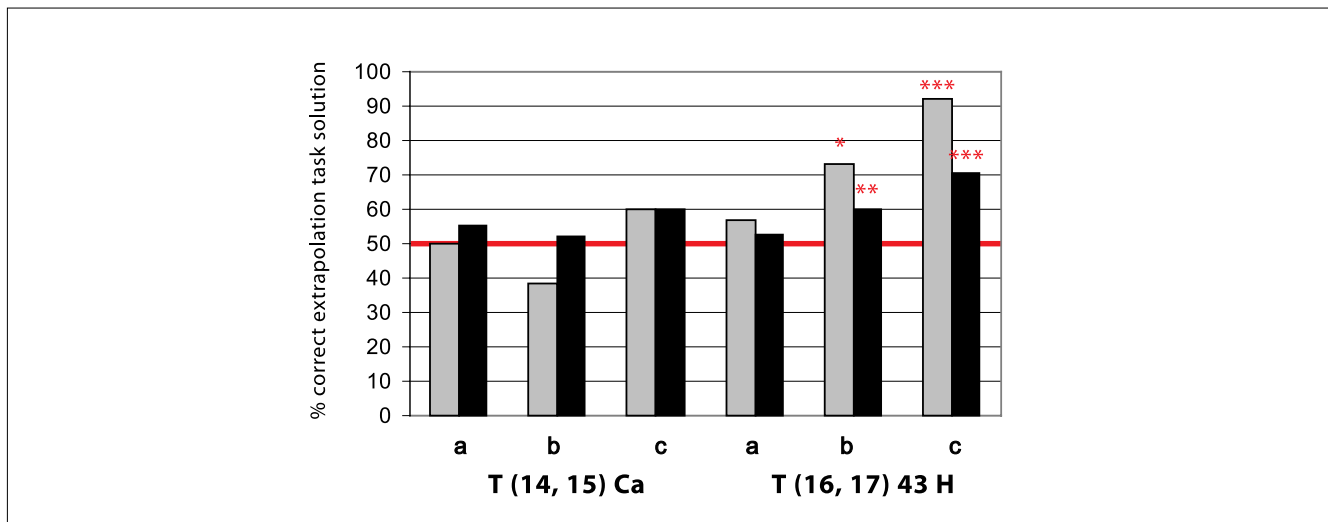


Figure 5. Extrapolation task solutions in mice with different genotypes (reciprocal translocations and trisomies of two types, which involve different parts of the karyotype). Data presented in the diagram was first published in Krushinskii et al., 1982.

Y-axis: the proportion of correct choices (in %). **Grey columns:** percentages for the first task solution; **black columns:** percentages for task presentations 1 through 6.

T (14, 15) Ca: mice with reciprocal translocation involving chromosomes 14 and 15

(*a. mice, heterozygous for translocation, b. mice, homozygous for this translocation, c. mice-trisomics, carrying small marker chromosome T6.*)

T (16, 17) 43H: mice with reciprocal translocation involving chromosomes 16 and 17

(*a. mice, heterozygous for translocation, b. mice, homozygous for this translocation, c. mice with partial trisomics, for the fragment of chromosome 17.*)

, **, ** significantly different from 50% chance level, with $p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively (Fisher ϕ test)

mice were partial trisomics for the fragment of chromosome 17. The extrapolation test was given to the group of mice with T43 (16,17), in which seven animals were shown to have the partial trisomy for chromosome 17.

The respective data are presented in Fig. 5. Mice which carried the T43H in a homozygous state revealed a high percentage of correct choices in the extrapolation task, and the presence of additional fragment of chromosome 17 in partial trisomic individuals was not accompanied by a decrease in task solution success.

It is noteworthy that these animals demonstrated very high scores for the first task presentation. In separate experiments, it was demonstrated that the locomotion level in these trisomic mice (number of squares crossed in the "open field" test) was not different from that of mice with normal chromosome numbers and identical genetic backgrounds.

At the same time, the pattern of extrapolation success scores was different for the similar groups of mice carrying another reciprocal translocation, T6 (14, 15) Ca. Karyotype investigations of animals with this translocation also permitted the discovery of several animals which carried the small additional "marker" chromosome, T6, composed from small portions of chromosomes 14 and 15. It was another case of partial trisomy, in this case for portions of chromosomes 14 and 15. In these groups of mice, the levels of successful solutions of the extrapolation task were not different from the 50% chance level (see Fig. 4). It was also demonstrated that in mice with this type of trisomy, their learning capacity was impaired. The latter fact was not surprising as it was widely known that

autosomal trisomy in humans is highly deleterious, causing severe mental retardation (Down Syndrome involves trisomy 21). Later it was demonstrated that mice-trisomics for the chromosomal portion, carrying genes analogous to human chromosome 21, performed the cognitive Morris test at low levels (Sago et al., 1998). Meanwhile, it was rather unexpected that in the case of partial trisomy for chromosome 17 fragment, no impairment of extrapolation ability occurred. The correct solution of the extrapolation task involves the trait of high complexity with probable adaptive value, and it may be inferred that partial trisomy for parts of different autosomes resulted in different consequences for extrapolation task success.

Robertsonian Translocation (Fusion of Chromosomes 8 and 17)

Mouse karyotypes consist of 19 autosome pairs and a pair of sex chromosomes (XX or XY) (Committee on Standardized Genetic Nomenclature for Mice, 1963). All murine chromosomes are of the acrocentric type, which is the prerequisite for special types of chromosomal fusions which do not affect the cell and organism viability. This type of chromosomal rearrangement is known as robertsonian translocations¹. A minimal loss of genetic material occurs as the result of such fusion, and mice-carriers of them are viable and fertile (Baranov, 1980).

¹ A robertsonian translocation (centric or, rarely, tandem fusion) involves two chromosomes of acrocentric type. During a robertsonian translocation, the participating chromosomes break at their centromeres and the long arms fuse to form a single metacentric or sub-metacentric chromosome. These type of translocations are found rather frequently

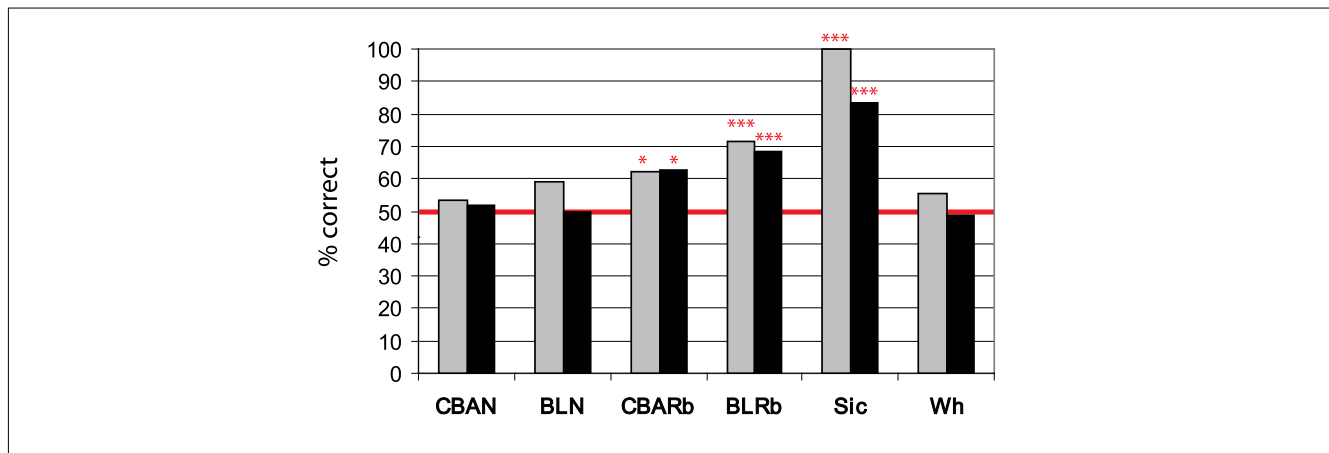


Figure 6. Extrapolation task solution in mouse groups, which were different either by genetic background or by karyotype.

Y axis: the proportion (%) of correct task solutions.

Grey columns: data for the solution of the extrapolation task at its first presentation.

Black columns: the extrapolation task success for presentations 1 through 6.

CBAN: CBA inbred mice (with normal karyotype).

CBARb: mice of the new strain with CBA genetic background which carry Rb(8,17) 1Iem.

BLN: C57BL/6J inbred mice.

BLRb: mice of the new strain with C57B/6 with Rb(8,17) 1Iem.

Sic: mice-descendants of the Sicilian wild mice in which the RT Rb(8,17)6Sic was found with the same chromosomes involved in the fusion.

Wh: mice with the Rb(5,19)1Wh — the RT with other chromosomes involved in the fusion.

, **, ** significantly different from 50% chance level, with $p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively (Fisher ϕ test).

A series of experiments on extrapolation ability were performed using mice with the fusion of chromosomes 8 and 17, which demonstrated their behavioral peculiarities.

Obviously, the extrapolation ability comparison in mice with different genotypes (and karyotypes) was of prime interest in our studies, as the successful solution of this test could serve as an indicator of reasoning ability in these animals. This test was the “central” one in these experiments and values of correct solution success were then compared with data on learning and several other behavioral indices. A detailed description of these experiments are presented in Poletaeva and Romanova (2013). The extrapolation test was initially presented to mice with the following robertsonian translocations (RT): Rb (8, 17) 1Iem, Rb (5, 19) 1Wh, Rb (6, 15) 1Ald, Rb (9, 14) 6Bnr, and Rb (16, 17) 7Bnr. With the exception of Rb (8, 17) 1Iem mice, all carriers of other RTs solve the task at a level not significantly different from the 50% chance level. Many different groups of mice with Rb (8, 17) 1Iem demonstrated task solutions levels which exceeded the random one with different degree of significance (Poletaeva & Romanova, 2013).

This initial finding — the non-random extrapolation task solution by mice with the fusion of two definite chromosomes (8 and 17) — induced the next series of experiments. One of the causes of the elevated extrapolation ability in mice with Rb (8, 17) 1Iem could be the plausible differences in the genetic backgrounds of the mouse population in which this RT was found. They were C57BL related mice, although not inbred, but “mixed” with the genotypes of other, unidentified strains. The necessity to analyze the plausible influence of this factor induced us to breed new strains, in which mice-carriers Rb (8, 17) 1Iem possessed two different genetic backgrounds (C57BL/6 and CBA). Thus, the objective was

to analyze the extrapolation performance of four strains which differed pair-wise either by genetic background or by karyotype (normal karyotype strains CBA and C57BL/6J, later CBAN and BLN) and new inbred strains CBARb and BLRb, which carried the Rb (8, 17) 1Iem. The latter pair was bred by brother–sister matings after a series of back-crosses of RT carriers to respective inbred mice.

The results of the extrapolation tests in mice of these four strains (see Fig. 6) demonstrated the following: 1) mice-carriers of Rb (8, 17) 1Iem with both genetic backgrounds demonstrated the presence of extrapolation ability, and the proportion of their correct solutions was non-randomly above the chance level; 2) the performance of CBARb mice was not as successful as that of BLRb. These data mean that the impact of genetic background was not crucial in the determination of extrapolation ability, and that the presence of fused chromosomes 8 and 17 induced the increased ability to solve the elementary reasoning task.

Another factor which could be the cause of increased extrapolation ability in Rb (8, 17) 1Iem carriers was the plausible fixation of beneficial alleles fixed in the “double” (fused) chromosomes; in case of RT, the crossover percentages was shown to be low (Gropp et al., 1982). Fixation of those alleles from chromosomes 8 and 17, which were beneficial for cognitive behavior and were present in the RT population, could occur. These “beneficial” alleles could be the cause of the elevated extrapolation ability in mice with Rb (8, 17) 1Iem. The same fusion of these chromosomes may be found in other mouse populations. If these mice are also superior to other groups in their extrapolation ability, that would mean that it is the fusion of these chromosomes per se which determined the increased ability for extrapolation. The small sample of mice with the fusion of chromosomes 8 and 17 which occurred independently in the population of wild mice in Sicily was studied. The percentage of correct choices

in wild rodent populations. In *Mus musculus* and *Elobius sp.*, the local isolated wild populations were found with individuals homozygous for several robertsonian translocations (Bakloushinskaya et al., 2010; Gropp et al., 1982).

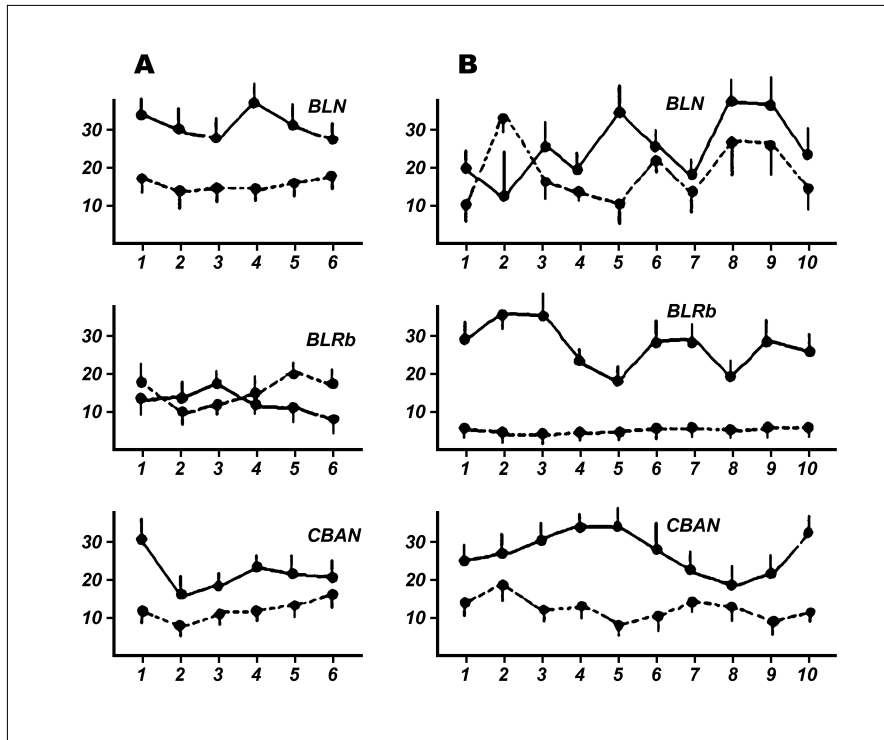


Figure 7. Mean latencies of CBAN, BLN and BLRb mice reactions as they approached the side opening of the extrapolation box in two behavioral paradigms. Adopted from Krushinskii, Dyban, Baranov, Poletaeva, and Romanova, 1982.

A: extrapolation task solution (latencies of both correct and incorrect solutions are scored in sum).

B: instrumental reaction (approach to food cup with the fixed position and reinforcement).

Extrapolation task was presented during three experimental sessions (six presentations in each). The instrumental learning task was introduced in the same box as that used for the extrapolation test. **Y-axis:** time in seconds; **x-axis:** task presentations during one day session. The *unbroken lines* show latencies during the first experimental session, while the *hatched lines* show latencies during the last session.

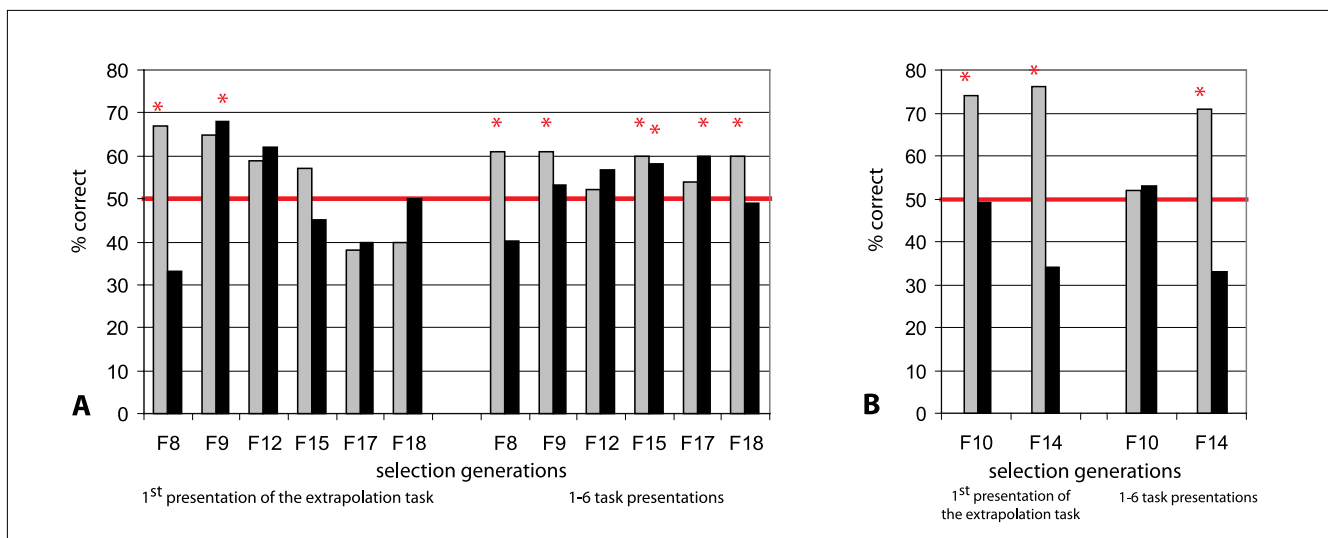


Figure 8. Extrapolation task solution scores for LB (gray columns) and SB (black columns) mice in the second (A) and third (B) selection experiments. Y-axis: the proportion (%) of correct task solutions (Fisher ϕ test). * Significantly different from 50% chance level.

in these mice (both at the first task presentation and in sum for presentations 1 through 6) was highly significantly above the chance level (see Fig. 6). Summarizing these data, it is possible to claim that the fusion of these chromosomes (8 and 17) was the factor which induced some changes in the CNS function and that these changes were beneficial for the elementary reasoning task solution success.

The behavior of Rb (8,17) Iem carriers was compared to that of mice with normal karyotypes in the paradigm of instrumental learning. In this test, the approach to one of the side openings of the extrapolation box was reinforced, with subsequent analysis of trials to criterion and subsequent reversals rates.

Fig. 7 shows the latencies of skill acquisition in mice of three groups during the first and last days of training (B). The shortening of these reaction times, as the indicator of learning, was much more prominent in mice with the RT in comparison to CBA and C57BL mice. At the left side

of Fig. 7, the latencies for extrapolation task solutions in the same animal samples are presented for comparison (A). It may be seen that the movements of mice with RT was quicker than in the other two groups, although no shortening of this reaction occurred from the first to the last experimental days. These data signify that mice with RT solve the extrapolation task relying mainly of the information learned during the task presentation, while the other mice (BLN and CBAN) succeed mainly by improving the motor component of the task.

Morris Water Maze Test in Mice with Rb(8,17) Iem

The small sample of female mice (n=9 for each group) of the four strains mentioned above (CBAN, CBARb, BLN and BLRb) was tested using the Morris maze test of the Institute of Anatomy (University Zurich-Irchel, Zurich, Switzerland; see Leitinger et al., 1994). The extrapolation

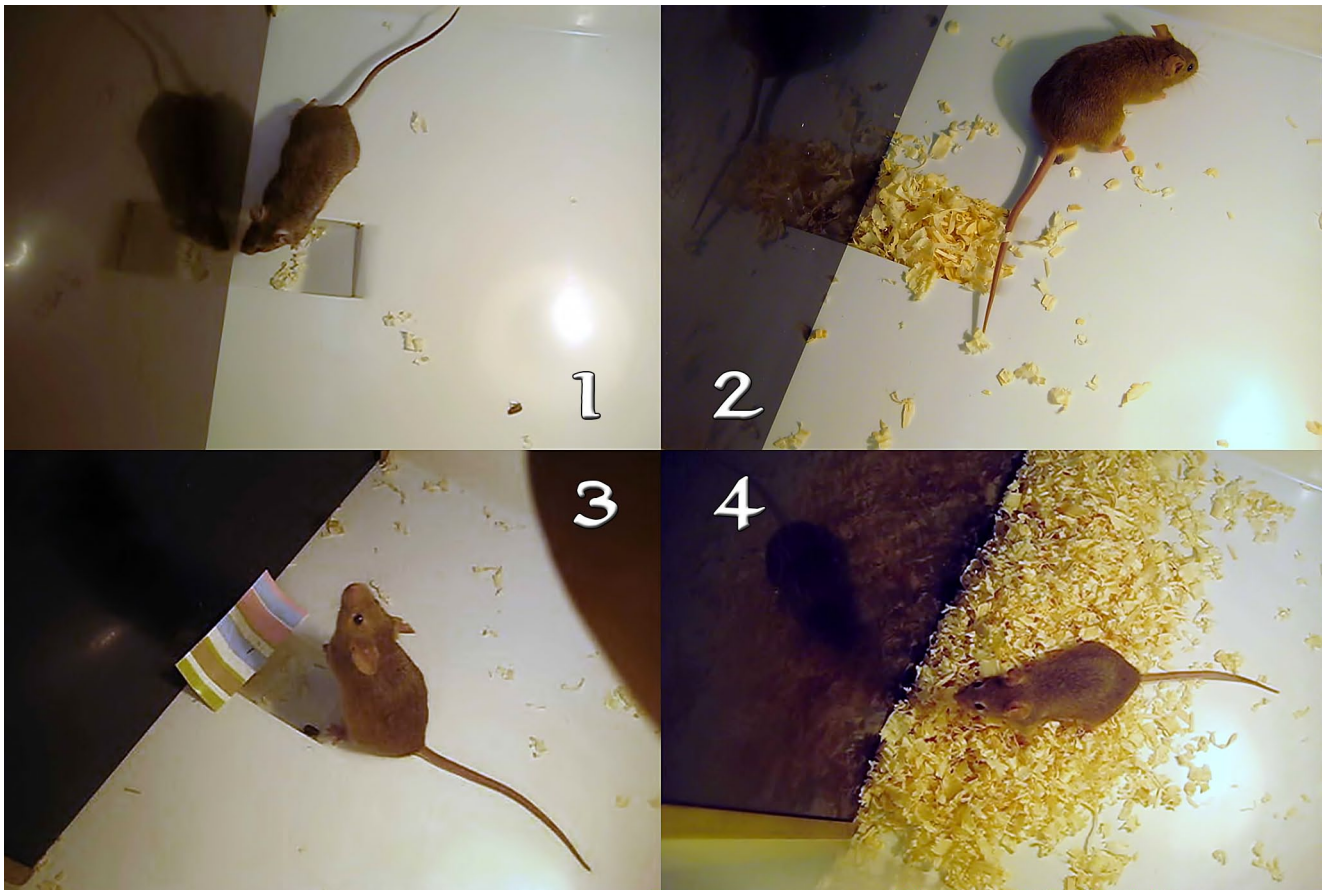


Figure 9. Mouse in the “puzzle box” test, placed into the brightly lit part of the chamber.

1. the underpass to the dark compartment is free;
2. the underpass is covered by wood shavings;

3. the underpass is hidden by the carton-plastic plug, which the mouse can remove with its teeth but is unable to shift it into the underpass opening;

4. the whole wall containing the underpass is covered by a thick layer of wood shavings

ability of these animals was in the range shown in Fig. 5, while the results of the spatial cognitive task were different. With the exception of the BLRb group, all mice tested acquired the habit of “discovering” the hidden platform successfully, their scores being in the range of the other strains tested previously. A three-factor ANOVA demonstrated the independent influence of the factors genotype ($F(1,28) = 5.067, p = .0085$) and RT ($F(1,28) = 4.36, p = .012$). The translocation effect was higher in the BL pair of strains than in CBA mouse groups. The reaction times of finding the platform in mice of the BLRb group were longer than in the other groups, although all of the animals learned this task. Only the RT factor (and not genotype) significantly influenced the time spent on the former platform quadrant by mice of these groups (LSD Fisher post hoc test, $p = .031$). The possible explanation of these data was that the Morris test procedure induces more intense fear (and stress-related behavioral shifts) in mice with RT than in animals of the other groups. This in turn hampered their capacity for spatial orientation in the test. This explanation finds some support from the same experiment, as the significant influence of the RT factor was found for floating time and thigmotaxis scores. These two Morris test indices are usually regarded as the signs of anxiety and stress susceptibility, and thus the still-unexplained plausible connection between this mouse cognitive trait and anxiety performance emerged in this case as well (Leitinger et al., 1994).

6. Mice, selected for large and small relative brain weights. Differences in behavior and in extrapolation ability in particular.

Brain weight is an important morphological index, which has been traditionally used for comparison of CNS development in different animal systematic groups, although relative brain weight (brain weight divided by body weight) is considered to be a more informative index (Kruska, 1975 and 2005; Rensch, 1956; Rehkämper et al., 1991). Various factors influence brain weight values within the same species, including genotype, ecology, environmental prenatal toxicity, and developmental biases (Henderson, 1973; Markina, Salimov, & Poletaeva, 2001). Three experiments in which two lines were selected for large and small relative brain weight (LB and SB lines) were performed in our laboratory.¹ In all three experiments, LB mice displayed more

¹ The selection of mice for large and small relative brain weight was performed according to the following procedure. At the age of 1.5 months, half of the animals from a given litter (mice born to the same parents) were sacrificed and their brain and body weights were determined. If the scores for a given litter fell above (for LB) or below (for SB) the respective regression line (brain-body weight) which was created for the previous generation, mice from the other half of the given litter were used for further breeding (Poletaeva et al., 1993; Perepelkina et al., 2013).

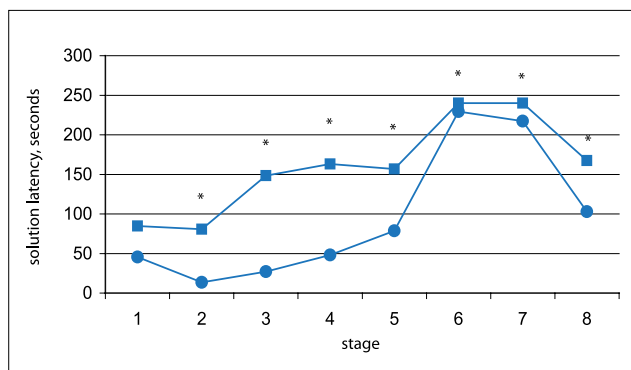


Figure 10. The latency of the “puzzle box” test solution in LB and SB mice in F29 generation (after the artificial selection for relative brain weight extremes was discontinued).

Y-axis: time in seconds;

x-axis: test stages.

Circles: LB strain mice;

squares: SB strain mice.

* significantly different from LB mice (Mann-Whitney test)

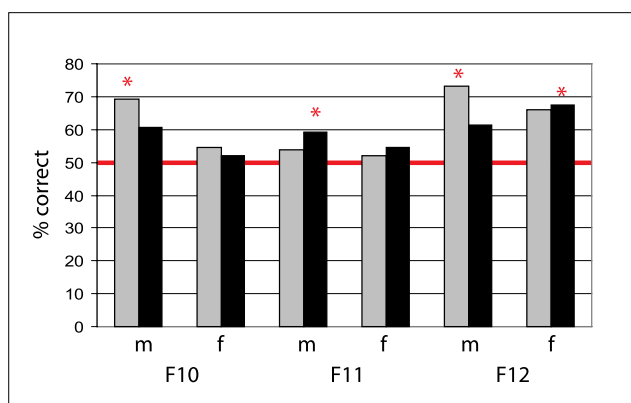


Figure 11. The proportions of correct extrapolation task solutions by EX mice (selected for high extrapolation scores) and CoEX (control) mice at first task presentation.

Grey columns: EX mice from three generations;

black columns: CoEX mice.

m: males; **f:** females.

* significantly different from 50% chance level, ϕ Fisher test, $p < .05$

efficient learning and more successful extrapolation task performance, although not in all generations (see Fig. 8). At the same time, SB mice were more fearful and less stress resistant, as well more inclined to display stereotypic reactions. The replication of selection data is the requirement for selection experiments which have to demonstrate that the differences found were not the result of chance allelic association. Below, several experimental facts from the third selection experiment will be demonstrated. It should be mentioned that in all cases, the selection for LB and SB resulted in significant inter-line differences rather quickly — after four to six selection generations with the accompanying differences in behavior (Poletaeva et al., 1993; Perepelkina, Golbrodov, Lilp, & Poletaeva, 2014).

Investigating differences in brain weight in mice of different strains usually revealed the influence of such factors as sex, body weight, age, as well as methodological details of brain tissue histological processing (see website of R. W. Williams http://www.nervenet.org/iscope/mbl_10.html).

It is also clear that genetic polymorphisms for brain weight differences in the population are due not to rare mutations but to different frequencies of the respective alleles. However, it is commonly accepted that the increase of brain size is a progressive evolutionary trend (Kruska et al., 2005) and the proofs were shown on the species level (Popova & Poletaeva, 1983; Poletaeva et al., 1993) 1. The QTL study of brain weight suggested several loci to exert non-random effect on this trait, being located on chromosomes 15, 16 and 19 (Peirce, Chesler, Williams, & Lu, 2003).

At the level of F22 of the third brain weight selection experiment, the selection procedure was stopped and animals were bred further at random inside each of the lines during seven generations. The parents for the next generation (four males and six females) were chosen by chance and placed in larger cages (34 × 29 × 17 cm).

In F23-25 generations, the brain weight in LB and SB mice was not determined. In F25-28, the brain weight was measured, although the choice of breeding pairs for the next generation was still determined at random. In F25-28, the LB — SB brain weights differences were still highly significant ($p < 10^{-5} - 10^{-6}$).

LB and SB mice from F28 (the seventh generation without selection for brain weight) were compared for solution of another cognitive task — the “puzzle box” test.

“Puzzle Box” Test, Experiments with LB and SB Mice

The puzzle box test (for details see Ben-Abdallah et al., 2011; Perepelkina et al., 2014), is a modified version of the “Light-Dark” test, in which an animal is placed into the brightly lit part of a box and must find the way to escape into the darkness; the route to the dark compartment (goal box) was via an underpass (4 × 2 × 15 cm)² (see Fig. 9).

A cognitive component of this task solution exists as an animal should comprehend that even if the entrance to the goal box was not seen, it still existed (object permanence rule). Thus, in order to succeed in this test, an animal has to *understand* this rule.

The mean time scores (latencies to enter the goal box) for a group of animals were used to measure the task solution success. The results of the puzzle box test, presented to 15 LB and 14 SB mice of F28, are shown in Fig. 10.

¹ The morphological comparison of brain cortical structure performed during the first selection experiment showed that scores for total cortical area were larger in LB by 18%, with differences documented for neocortex (22%) and archicortex (17%), but not for paleocortex. Differences in the spatial distribution of cortical cells in LB and SB brains were demonstrated as well. In the cortical structures of LB mice, the areas with compactly packed cells alternated with patches of less densely packed cellular elements, while in SB cortical fields the cell packing was homogeneous (Popova et al., 1983).

² The entrance into the dark part of the box could remain without obstacles or be blocked by either wood shavings (“burrowing puzzle”) or by a T-shaped card-board-plastic plug (“plug puzzle”). There were eight stages of the test, presented during two experimental days. The test started with simple stages 1 and 2 (the animal can freely enter the dark part of the box), while the next stages (3 through 5) already had a “cognitive” component — the underpass was filled with wood shavings to the level of the box floor. Stages 6 and 7 followed, in which the underpass was blocked by the light plug, which the mouse could easily lift and put aside in order to penetrate the dark part of the box. At the final stage, the wood shaving heap (5–7 cm high) was placed along the whole wall with the underpass (for details see Ben-Abdallah et al., 2011).

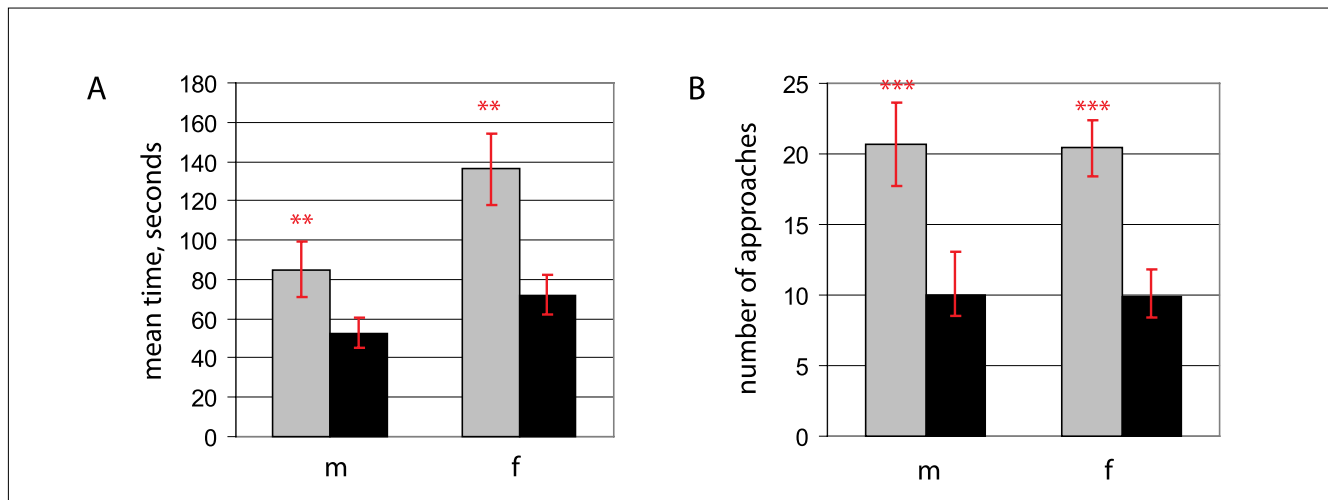


Figure 12. The hyponeophagia test results for F9 EX and CoEX mice. **A:** mean time spent by mice consuming new food in novel environment (y-axis: time in seconds; total test duration = 10 min); **B:** number of approaches to the new food. **Grey columns:** mice from selected line EX (F9); **black columns:** control (CoEX) mice. **m:** males, **f:** females.

The latency of task solution (the time from a mouse being placed into the box until the moment when it penetrates the dark compartment) was the measure of task success. If a mouse did not enter the dark part of the box, a latency of 180 seconds was ascribed (for trials at stages 1 to 5 and 10). A latency of 240 seconds was the “deadline” for the most difficult stages, 6 and 7, when the light plug prevented the entrance of an animal into the goal box. The performance of LB mice at all stages of this test was more successful than that of SB animals. Mice tested in this experiment belonged to F28, when the selection was discontinued for seven generations. Previously, it was demonstrated that SB mice (in all three replications of brain weight selection experiments) were consistently more fearful than LB animals (see Perepelkina et al., 2014). Thus, they presumably would be more eager to escape into the safe dark compartment, while the less fearful LB mice were more successful in the puzzle-box test performance. As the solution of this test had a clear-cut cognitive component (i.e., an animal must understand the “object permanence” rule), the results obtained permit us to conclude that the cognitive abilities of LB mice are higher than those of SB animals.

7. Selection Experiment in Mouse Reasoning. Why not Total Success?

The selection of mice for high extrapolation ability was started on the basis of a genetically heterogeneous population. They were F2-F4 hybrids of crosses between strains selected for large and small relative brain weight, in turn derived from six inbred strains (Poletaeva et al., 1993). The criteria for selecting animals as parents for the next generation were: 1) correct task solution at the first extrapolation task presentation, five-to-six correct solutions out of six total task presentations, lack of hesitation in approaching food (no refusals, see above), no “zero” solutions (whereby no choice was made during 120 seconds). The lack of refusals and of “zero” solutions were indications of a low level of anxiety in a given animal in the situation of the extrapolation test. Thus, the selec-

tion program adopted in this experiment included two behavioral traits to be selected for: animals should demonstrate a high extrapolation ability and low anxiety during the testing procedure. Control mice (CoEX) originated from the same heterogeneous population and were bred at random.

During the first generations (F4–F9), mice of the selected line (EX) showed percentages of correct solutions which were significantly above the 50% chance level, while control mice scores were not different from the random level (Perepelkina et al., 2011). The pattern of inter-strain differences changed starting from F10, in which sex differences emerged and stayed in F11 and F12 (see Fig. 11). Moreover, in F11 the scores of EX mice were not significantly different from the 50% chance level. The CoEX mice proportions of correct choices were significantly above the chance level in F11 males and in F12 females.

Therefore, the selection of mouse strain for high scores of extrapolation task solutions could not be considered successful. This indicates that extrapolation ability should be regarded as the cumulative “positive” cooperative action of many factors. It is possible to suggest that the trait “high extrapolation success”, as one of an animal’s cognition manifestations, is determined by multiple genetic factors with non-additive interactions, as this trait could play a role in survival and participate in species fitness determination.

The cognitive ability in the form of extrapolation ability was not revealed in mice as the result of special selection for this trait, although the differences in the other test with definite “cognitive” components could be revealed between EX and CoEX mice.

This suggestion was confirmed by the results of the puzzle box test, introduced to EX and CoEX mice of the last selection generations. Fig. 11 demonstrates the proportions of animals from both genetic groups which were able to solve the most difficult stages of this test — that is, the ones which required the removal of the plug as the obstacle for entering into the “safe” dark compartment of the box. These proportions were larger for EX mice with a rather high level of significance.

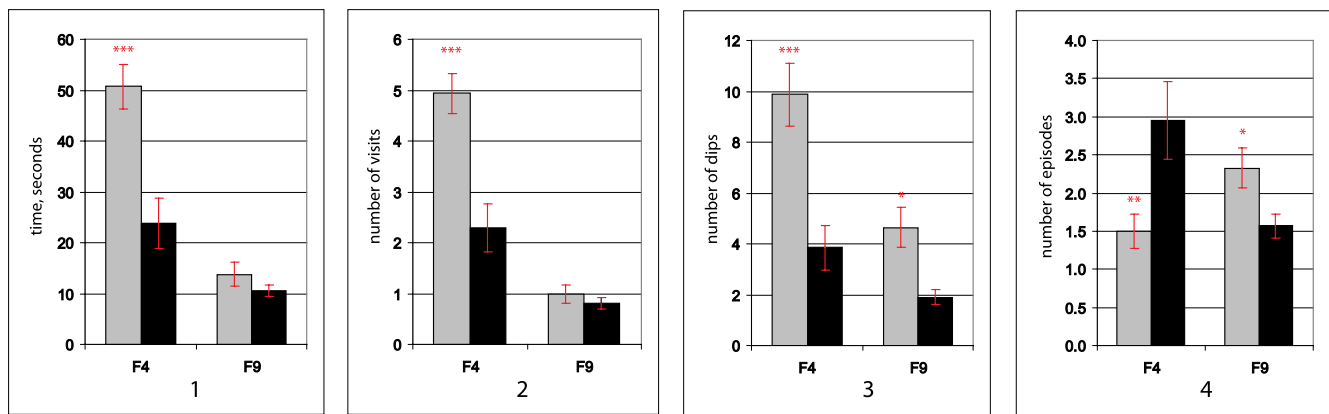


Figure 13. Elevated plus maze scores in EX and CoEX mice in F4 and F9 generations (intergroup differences evaluated by 1-factor ANOVA). **Grey columns:** EX; **black columns:** CoEX. **1:** time, spent in open arms; **2:** open arm visits; **3:** head dips from open arms; **4:** number of grooming episodes (in closed arms). *, **, *** significantly different from respective CoEX scores. Data presented in this diagram was first published in Perepelkina, Golibrodo, Lilp, and Poletaeva, 2014.

The results of the puzzle box test could be interpreted as confirming the selection success for cognitive ability in mice, in spite of the fact that the response to selection for the trait of interest — extrapolation scores — was very weak.

The data from the hyponeophagia test could be one additional confirmation for this conclusion.

The hyponeophagia test aims to measure the reaction to novelty, when a food-motivated animal is placed into a novel environment with a new kind of food to consume (Dulawa & Hen, 2005). In this test, a mouse which has been food-deprived for 18 hours is placed for 10 minutes in a dimly lit circular plastic chamber (40 cm in diameter), and given a small portion of cheese (1.5 x 1.5 x 1.5 mm cubes). The time spent consuming food, the number of approaches to the food and the weight of the cheese eaten are estimated for each animal. Tested in several selection generations (F8-F11), the hyponeophagia test gave highly consistent results: EX mice spent more time eating, approached the food more frequently and in most cases ate more of the new food, compared to CoEX animals (see Fig.12).

In rodents, the reaction to novelty is influenced by two factors: anxiety level and an inherent tendency to explore a new environment (Clinton, Stead, Miller, Watson, & Akil, 2011). The lower scores of this test in EX mice in comparison to CoEX mice could reflect differences in both the anxiety behavior and the attitude to novelty¹. The latter factor deserves special analysis.

As it was mentioned above, the selection did not result in a large increase in the success of extrapolation task solutions during the initial selection generations, but a definite decrease in anxiety levels occurred. The anxiety level was estimated independently in the elevated plus-maze test (EPM).

Several scores of this test — time spent in the open maze arms, the number of visits into them, head dipping from open arms, and the numbers of grooming episodes — were significantly different between EX and CoEX mice

groups (for generation F4, see Fig. 13). According to the generally accepted view, these differences indicate that the selected EX line expresses a decreased level of anxiety. So, at that stage of the selection experiment it was possible to conclude that while there was little selection success in cognitive trait values, the second trait which was selected for (low fear in extrapolation test) reduced markedly.

Despite similar selection criteria used throughout all selection generations, the data for the EPM test in F9 (and later generations, data for which are not presented) revealed a complicated pattern of differences between EX and CoEX mice in anxiety indices. Fig.13, in which EPM scores for F4 and F9 are presented, shows this change rather clearly. At the same time, data for later generations (F9-F11) indicated the prevalence of EX mice performance in the “puzzle-box” solution and hyponeophagia tests.

The whole body of data on the coordinated expression (and/or mutual inhibitory influences) of cognitive abilities, reactions to novelty and anxiety, as well as the probable causes of sex differences in these indices, could not be discussed here. A plethora of experimental data obtained in comparative psychology and neurogenetics research demonstrate that anxiety is not the uniform state of animal CNS. It is claimed that this state can be evoked by different mechanisms and stimuli, according to the definite behavioral context (Johansen, 2013). This notion, not yet specified clearly in the literature, could find some confirmation in our data from anxiety levels during the selection of the EX strain.

Specifically, we postulate that the anxiety state, which in the EPM test is measured as the fear of the new open space (the animal avoids the open arms of the maze), and fear which the mouse experiences in the puzzle-box and which drives it to escape into the dark compartment, are not the identical states by their physiological (and maybe “instinctive”) origin. The latter state, which drives the animal to seek the dark part of the box, is closer to cautious behavior, while fear in the EPM looks more like real fear (which could induce “freezing” or “fleeing” reactions). We dare to suggest that if these two states are identical to one another, the pattern of differences between EX and CoEX mice would be of another sort. The same consideration is true when the EPM and hyponeophagia tests are compared — the EX mice have higher scores than

¹ The reaction to novelty was recently shown in four populations of great tits (*Parus major*), and it was demonstrated that it correlated with the scores for spatial orientation and depends on haplotype of D4DR, known to be associated with novelty reaction in humans (Korsten et al., 2010; Mueller et al., 2013).

CoEX mice in the reaction to novelty, in spite of a plausible anxiety state which is inevitable in the novel environment. It is also noteworthy that the pattern of differences in the EPM test for EX vs. CoEX mice does not coincide with their differences in reactions to novelty. In other words, the EX superiority in the test for novelty could not be predicted by data from the EPM test.

In our selection experiment, mice with high cognitive trait scores were bred and the scores of next generations were compared to unselected animals which possessed related genetic backgrounds. The changes in the extrapolation task success were minimal and unstable, while the selected line (EX) was proved to be different from control animals in other trait, which is considered indicative of a certain level of cognitive ability in animals. In the puzzle-box and hyponeophagia tests, mice of the selected line were significantly different from the control group, revealing the elevated novelty reaction and the better adaptive usage of the “object permanence” rule.

8. Conclusions

The phenomenological diversity of cognitive abilities in animals is evident due to numerous investigations in many species. The abundance of these studies necessitated the elaboration of a unified paradigm which will help to classify related experimental data obtained using different approaches. This will help to reliably evaluate animal cognitive abilities in species with different levels of organization. The subdivision of animal cognition phenomena into two main categories — the category of basal cognitive abilities and the category of complicated cognitive functions — could facilitate further comparative analyses of these phenomena, as their differences and common features could appear and be elucidated.

Following this subdivision, we analyzed the capacity of laboratory mice to solve the elementary reasoning task (as one of the basal cognitive abilities) in several laboratory genetic models. These models were: i) two pairs of wild vs. domesticated forms of brown rats and foxes; ii) mice with chromosomal rearrangements; iii) mice selected for large and small relative brain weight; and iv) mice selected for the high scores of reasoning task solution (extrapolation task).

It is intuitively clear why domesticated forms were less capable of solving the extrapolation task. The artificial selection in both species (*Rattus norvegicus* and *Vulpes vulpes fulvus*) was performed relatively recently. White rats were introduced into laboratory practice at the beginning of the 20th century, and silver foxes as the objects of fur farming were already known several years earlier. The artificial selection in these species aimed to create docile and tame animals which were not afraid of contact with humans. Both domesticated forms were maintained in cages, so there was no other selective force in action which could reject individuals with low adaptive intellectual capacities. Thus, domesticated rats (and foxes) who lived in cages and always had abundant food, for which they needed not to struggle, were shown to be less able to solve the elementary logic task. This basal cognitive behavior was significantly less developed in domesticated forms.

Mice of inbred strains, which were tested in our experiments, solved the extrapolation task in a proportion which evidenced their “random” performance. Indeed, one may suggest that animals which were able to solve this task reliably were present among the mice of inbred strains as well, although they were not numerous. The overall performance success (proportion of correct choices) in these groups was about 50%, indicating that a majority of inbred mice were not able to solve this elementary reasoning task. Animals which were capable of solving the extrapolation problem were more numerous among the genetically heterogeneous mouse population (created as the result of several inbred strains crossings). This fact served as the rationale to perform two selection experiments: the first for high and low relative brain weights, and the second for high scores of extrapolation task solution. The results of both selection programs demonstrated changes in mouse behavior in the successive generations, although in both experiments no stable increase in extrapolation ability occurred. The levels of success in the extrapolation task were not constant across selection generations, and notable sex differences emerged (at least in the selection for high extrapolation ability).

In an attempt to describe the general pattern of these results, one may conclude the following: i) the ability to solve the elementary logic task is by no means mono- or oligogenic; ii) it is also not a typical additive polygenic trait whereby the cumulative gene action selected for leads to a gradual increase in scores of the given quantitative trait — obviously, this trait is not determined by the additive action of “polygene” alleles; and iii) this means that the cognitive ability for elementary reasoning belongs to the category of traits, which are determined by a group of genes with non-additive effects. In these cases, artificial selection is always a slow process. The quantitative genetics rules state that weak selection gain is frequently the case for traits with non-additive gene action.

The selection process for large and small relative brain weight demonstrated that the large-brained mice displayed less propensities for fear and depressive behavior in laboratory tests, and that their extrapolation task scores were higher than those for small-brained mice. The tendency for better behavior adaptation in the complicated test environment were also inherent for mice of the EX line (selected, although with low success) for high extrapolation scores. EX mice solved the “puzzle-box” cognitive task reliably better than controls and they demonstrated a positive attitude towards novel food in a novel environment (hyponeophagia test). These differences between the selected line and controls undoubtedly have a genetic component. It is an indication that genotype differences do participate in individual variability of the trait under consideration — the solution success of an elementary reasoning task, which illustrates a basal cognitive ability.

This conclusion is supported by our data which demonstrated a reliably higher extrapolation ability in mice with the fusion (Robertsonian translocation) of chromosomes 8 and 17. The prevalence of correct choices in the extrapolation task experiments in mice-carriers of this mutation demonstrated that subtle (but efficient for

behavior adaptation) genotype changes could be induced by the reorganization of chromosomes. Such reorganization, presumably the change in spatial pattern of chromosomes in the interphase nucleus which could influence the pattern of gene expression, resulted in the case of Rb (8, 17) 1 Iem in behavioral changes. Such changes have not (yet!) been achieved during more than ten generations of artificial selection for the same trait.

The usage of animal models to investigate cognitive abilities is aimed (in a majority of cases) at visualizing the deleterious effects of definite treatments or states. This is the well-established way to create the models used to study Alzheimer's Disease and other pathological states. This line of experimental research has practical importance and generates a lot of new data for analysis. Attempts to increase cognitive abilities in animals are more rare in modern experimental practice, and they have been successful mainly when using knockout and knock-in modern technologies. The data described herein are from a rare category of studies in which the research was performed for animal genetic groups which show the increased cognitive capacities. The increase in cognitive abilities of laboratory mice could not be easily achieved by a direct selection process. This probably means that the additive variability of the respective genetic endowment of this complicated trait is either low or very low. It could signify that in spite of many generations of laboratory breeding (from the beginning of the 20th century), the overall fitness of laboratory mice is still rather high (as our cognitive trait under selection could not be improved quickly). This conclusion could be regarded as contradicting the prevalence of correct extrapolation task solutions in wild vs. domesticated rats and foxes. However, it is worth noting that the selection of rats for high extrapolation scores was not successful, either. We should also underline that extrapolation ability is still a unique example of basal cognitive abilities which was investigated in the special selection experiment. No other cognitive traits (i. e., spatial learning and memory) were selected for high and/or low scores of these traits. At the same time, despite the fact that genetic bases for basal cognitive traits look rather complicated, our data inspire moderate optimism in this respect.

In sum, the data presented show that by using laboratory mice (widely accepted as the model organism for studying genotype-behavior interactions) it was possible to demonstrate the role of genotype in determining the simplest forms of cognitive abilities.

References

- Ammassari-Teule, M., & Caprioli, A. (1985). Spatial learning and memory, maze running strategies and cholinergic mechanisms in two inbred strains of mice. *Behavioural brain research*, 17(1), 9–16. doi: 10.1016/0166-4328(85)90003-8
- Arp, J. M., ter Horst, J. P., Kanatsou, S., Fernández, G., Joëls, M., Krugers, H. J., & Oitzl, M. S. (2014). Mineralocorticoid receptors guide spatial and stimulus-response learning in mice. *PLoS One*, 9(1), e86236. doi: 10.1371/journal.pone.0086236
- Bagotskaya, M. S., Smirnova, A. A., & Zorina, Z. A. (2012). Corvidae can understand logical structure in baited string-pulling tasks. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 42(1), 36–42.
- Bakloushinskaya, I. Y., Romanenko, S. A., Graphodatsky, A. S., Matveevsky, S. N., Lyapunova, E. A., & Kolomiets, O. L. (2010). The role of chromosome rearrangements in the evolution of mole voles of the genus *Ellobius* (Rodentia, Mammalia). *Russian journal of genetics*, 46(9), 1143–1145. doi: 10.1134/S1022795410090346
- Baranov, V. S. (1984). Mice with Robertsonian translocations in experimental biology and medicine. *Genetica*, 52(1), 23–32. doi: 10.1007/BF00121810
- Becker, J. T., Walker, J. A., & Olton, D. S. (1980). Neuroanatomical bases of spatial memory. *Brain Research*, 200(2), 307–320. doi: 10.1016/0006-8993(80)90922-1
- Ben-Abdallah, N. M., Fuss, J., Trusel, M., Galsworthy, M. J., Bobbin, K., Colacicco, G., Deacon, R. M., Riva, M. A., Kellendonk, C., Sprengel, R., Lipp, H-P., Gass, P. (2011). The puzzle box as a simple and efficient behavioral test for exploring impairments of general cognition and executive functions in mouse models of schizophrenia. *Experimental Neurology*, 227(1), 42–52. doi: 10.1016/j.expneurol.2010.09.008
- Beritov, J. S. (1967). Neural mechanisms of higher vertebrate behavior. Translated and edited by W. T. Liberson. Boston: Little, Brown and Co.
- Boake, C. R., Arnold, S. J., Breden, F., Meffert, L. M., Ritchie, M. G., Taylor, B. J., Wolf, J. B. & Moore, A. J. (2002). Genetic tools for studying adaptation and the evolution of behavior. *The American Naturalist*, 160(S6), S143–S159. doi: 10.1086/342902
- Burešová, O. (1980). Spatial memory and instrumental conditioning. *Acta neurobiologiae experimentalis*, 40(1), 51–65.
- Buzsáki, G., Chen, L. S., & Gage, F. H. (1990). Chapter Spatial organization of physiological activity in the hippocampal region: relevance to memory formation. *Progress in brain research*, 83, 257–268. doi: 10.1016/S0079-6123(08)61255-8
- Clinton, S. M., Stead, J. D., Miller, S., Watson, S. J., & Akil, H. (2011). Developmental underpinnings of differences in rodent novelty seeking and emotional reactivity. *European Journal of Neuroscience*, 34(6), 994–1005. doi: 10.1111/j.1460-9568.2011.07811.x
- Committee on Standardized Genetic Nomenclature for Mice. (1963). A revision of the standardized genetic nomenclature for mice. *Journal of Heredity*, 54, 159–162.
- Crabbe, J. C., Wahlsten, D., & Dudek, B. C. (1999). Genetics of mouse behavior: interactions with laboratory environment. *Science*, 284(5420), 1670–1672. doi: 10.1126/science.284.5420.1670
- Crusio, W. E., Schwegler, H., & Brust, I. (1993). Covariations between hippocampal mossy fibres and working and reference memory in spatial and non-spatial radial maze tasks in mice. *European Journal of Neuroscience*, 5(10), 1413–1420. doi: 10.1111/j.1460-9568.1993.tb00927.x
- de Bruin, N., Mahieu, M., Patel, T., Willems, R., Lesage, A., & Megens, A. (2006). Performance of F2 B6x129 hybrid mice in the Morris water maze, latent inhibition and prepulse inhibition paradigms: comparison with C57Bl/6J and 129sv inbred mice. *Behavioural brain research*, 172(1), 122–134. doi: 10.1016/j.bbr.2006.05.002
- Dragoi, G. & Tonegawa, S. (2014). Selection of preconfigured cell assemblies for representation of novel spatial experiences. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1635), 20120522. doi: 10.1098/rstb.2012.0522
- Duclot, F., Jacquet, C., Gongora, C., & Maurice, T. (2010). Alteration of working memory but not in anxiety or stress response in p300/CBP associated factor (PCAF) histone acetylase knockout mice bred on a C57BL/6 background. *Neuroscience letters*, 475(3), 179–183. doi: 10.1016/j.neulet.2010.03.077
- Dulawa, S. C., & Hen, R. (2005). Recent advances in animal models of chronic antidepressant effects: the novelty-induced hypophagia test. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(4), 771–783. doi: 10.1016/j.neubiorev.2005.03.017

- Firsov, L. A. (2010). *Ape's behavior in natural habitat*. Moscow: Krasand Publ. House, 2nd edition.
- Firsov, L. A., & Chizhenkov, A. M. (2003). *[The essays in physiological psychology]*. Saint Petersburg: Aster-X Publ. House. (Russian).
- Goh, J. J., & Manahan-Vaughan, D. (2013). Synaptic depression in the CA1 region of freely behaving mice is highly dependent on afferent stimulation parameters. *Frontiers in integrative neuroscience*, 7: 1. doi: [10.3389/fnint.2013.00001](https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00001)
- Gökçek-Saraç, Ç., Karakurt, S., Adalı, O., & Jakubowska-Doğru, E. (2012). Correlation between hippocampal levels of neural, epithelial and inducible NOS and spatial learning skills in rats. *Behavioural brain research*, 235(2), 326–333. doi: [10.1016/j.bbr.2012.08.005](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2012.08.005)
- Goldowitz, D., Wahlsten, D., & Wimer, R. E. (1992). *Techniques for the genetic analysis of brain and behavior: focus on the mouse (Vol. 8)*. Elsevier Science Ltd.
- Grootendorst, J., Enthoven, L., Dalm, S., de Kloet, E. R., & Oitzl, M. S. (2004). Increased corticosterone secretion and early-onset of cognitive decline in female apolipoprotein E-knockout mice. *Behavioural brain research*, 148(1), 167–177. doi: [10.1016/S0166-4328\(03\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(03)00188-8)
- Gropp, A., Winking, H., Redi, C., Capanna, E., Britton-Davidian, J., & Noack, G. (1982). Robertsonian karyotype variation in wild house mice from Rhaeto-Lombardia. *Cytogenetic and Genome Research*, 34(1–2), 67–77. doi: [10.1159/000131794](https://doi.org/10.1159/000131794)
- Hartley, T., Lever, C., Burgess, N., & O'Keefe, J. (2014). Space in the brain: how the hippocampal formation supports spatial cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1635), 20120510. doi: [10.1098/rstb.2012.0510](https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0510)
- Hasenöhr, R. U., Weth, K., & Huston, J. P. (1999). Intraventricular infusion of the histamine H(1) receptor antagonist chlorpheniramine improves maze performance and has anxiolytic-like effects in aged hybrid Fischer 344xBrown Norway rats. *Experimental Brain Research*, 128(4), 435–440. doi: [10.1007/s002210050866](https://doi.org/10.1007/s002210050866)
- Henderson, N. D. (1973). Brain weight changes resulting from enriched rearing conditions: a diallel analysis. *Developmental psychobiology*, 6(4), 367–376. doi: [10.1002/dev.420060410](https://doi.org/10.1002/dev.420060410)
- Herrera, V. L., Pasion, K. A., Tan, G. A., Moran, A. M., & Ruiz-Opazo, N. (2013). Sex-Specific Effects on Spatial Learning and Memory, and Sex-Independent Effects on Blood Pressure of a <3.3 Mbp Rat Chromosome 2 QTL Region in Dahl Salt-Sensitive Rats. *PLoS one*, 8(7), e67673. doi: [10.1371/journal.pone.0067673](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067673)
- Hussaini, S. A., Kempadoo, K. A., Thuault, S. J., Siegelbaum, S. A., & Kandel, E. R. (2011). Increased size and stability of CA1 and CA3 place fields in HCN1 knockout mice. *Neuron*, 72(4), 643–653. doi: [10.1016/j.neuron.2011.09.007](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.09.007)
- Johansen, J. P. (2013). Neuroscience: Anxiety is the sum of its parts. *Nature*, 496(7444), 174–175. doi: [10.1038/nature12087](https://doi.org/10.1038/nature12087)
- Koehler, O. (1956). Thinking without words. In *Proceedings of the 14th International Congress of Zoology, Copenhagen* (pp. 75–88).
- Kohler, W. (1921). *Intelligenzprüfung an Menschenaffen* [The mentality of apes]. Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-642-47574-0](https://doi.org/10.1007/978-3-642-47574-0)
- Korsten, P., Mueller, J. C., Hermannstaedter, C., Bouwman, K. D., Dingemans, J. N., Piet, N. S. J., Liedvogel, J. D. M., Matthysen, E., Van Oers, K., Van Overveld, T., Quinn, J. L., Patrick, S. C., Sheldon, B. N. C., Tinbergen, J. M., & Kempenaers, B. (2010). Association between DRD4 gene polymorphism and personality variation in great tits: a test across four wild populations. *Molecular Ecology*, 19(4), 832–843. doi: [10.1111/j.1365-294X.2009.04518.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04518.x)
- Krushinsky, L. V. (1990). *Experimental studies of elementary reasoning: Evolutionary, physiological, and genetic aspects of behavior*. New Delhi, Oxonian Press.
- Krushinsky, L. V. (2009). *[Biological basis of reasoning ability. Evolutionary, physiological, and genetic aspects]*. 3rd edition (1st and 2nd – Moscow University Publ. House, 1977, 1986). Moscow: URSS Publ. House, Moscow. (Russian).
- Krushinskii, L. V., Dyban, A. P., Baranov, V. S., Poletaeva, I. I., & Romanova, L. G. (1982). [Features of higher nervous activity in mice with Robertsonian chromosomal translocations]. *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni I. P. Pavlova*, 32(3), 446. (Russian).
- Krushinskii, L., Dyban, A. P., Baranov, V. S., Poletaeva, I. I., Romanova, L. G., Foreit, I., & Gregorova, S. (1982). [Investigation of the extrapolation ability in laboratory mice with partial trisomy of autosomes]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 260(6), 1497–1499. (Russian).
- Kruska, D. (1974). [Comparative quantitative study on brains of wild and laboratory rats. I. Comparison of volume of total brain and classical brain parts]. *Journal fur Hirnforschung*, 16(6), 469–483.
- Kruska, D. C. (2005). On the evolutionary significance of encephalization in some eutherian mammals: effects of adaptive radiation, domestication, and feralization. *Brain, behavior and evolution*, 65(2), 73. doi: [10.1159/000082979](https://doi.org/10.1159/000082979)
- Kuptsov, P. A., Pleskacheva, M. G., & Anokhin, K. V. (2011). [Inhomogeneous hippocampal activation along the rostrocaudal axis in mice after exploration of novel environment]. *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni IP Pavlova*, 62(1), 43–55. (Russian).
- Kuptsov, P. A., Pleskacheva, M. G., Voronkov, D. N., Lipp, K. P., & Anokhin, K. V. (2006). Features of the expression of the c-Fos gene along the rostrocaudal axis of the hippocampus in common voles after rapid training to solve a spatial task. *Neuroscience and behavioral physiology*, 36(4), 341–350. doi: [10.1007/s11055-006-0023-y](https://doi.org/10.1007/s11055-006-0023-y)
- Ladygina-Kots, N. N. (2002). *Infant Chimpanzee and Human Child: A Classic 1935 Comparative Study of Ape Emotions and Intelligence*. Oxford University Press.
- Laeremans, A., Sabanov, V., Ahmed, T., Nys, J., Van de Plas, B., Vinken, K., Woolley, D. G., Gantois, I., D'Hooge, R., Arckens, L., & Balschun, D. (2014). Distinct and simultaneously active plasticity mechanisms in mouse hippocampus during different phases of Morris water maze training. *Brain Structure and Function*, 1–18. doi: [10.1007/s00429-014-0722-z](https://doi.org/10.1007/s00429-014-0722-z)
- Leitinger, B., Poletaeva, I. I., Wolfer, D. P., & Lipp, H. P. (1994). Swimming navigation, open-field activity, and extrapolation behavior of two inbred mouse strains with Robertsonian translocation of chromosomes 8 and 17. *Behavior genetics*, 24(3), 273–284. doi: [10.1007/BF01067194](https://doi.org/10.1007/BF01067194)
- Lerch, J. P., Yiu, A. P., Martinez-Canabal, A., Pekar, T., Bohbot, V. D., Frankland, P. W., Henkelman, R. M., Josselyn, S. A., & Sled, J. G. (2011). Maze training in mice induces MRI-detectable brain shape changes specific to the type of learning. *Neuroimage*, 54(3), 2086–2095. doi: [10.1016/j.neuroimage.2010.09.086](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.09.086)
- Lipp, H. P., Collins, R. L., Hausheer-Zarmakupi, Z., Leisinger-Trigona, M. C., Crusio, W. E., Nosten-Bertrand, M., Signore, P., Schwegler, H., & Wolfer, D. P. (1996). Paw preference and intra-/infrapyramidal mossy fibers in the hippocampus of the mouse. *Behavior genetics*, 26(4), 379–390. doi: [10.1007/BF02359482](https://doi.org/10.1007/BF02359482)
- Lipp, H. P., Schwegler, H., Crusio, W. E., Wolfer, D. P., Leisinger-Trigona, M. C., Heimrich, B., & Driscoll, P. (1989). Using genetically-defined rodent strains for the identification of hippocampal traits relevant for two-way avoidance behavior: a non-invasive approach. *Experientia*, 45(9), 845–859. doi: [10.1007/BF01954059](https://doi.org/10.1007/BF01954059)

- Markina, N. V., Salimov, R. M., & Poletaeva, I. I. (2001). Behavioral screening of two mouse lines selected for different brain weight. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 25(5), 1083–1109. doi: [10.1016/S0278-5846\(01\)00169-5](https://doi.org/10.1016/S0278-5846(01)00169-5)
- Matsuo, N., Takao, K., Nakanishi, K., Yamasaki, N., Tanda, K., & Miyakawa, T. (2010). Behavioral profiles of three C57BL/6 substrains. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 4. doi: [10.3389/fnbeh.2010.00029](https://doi.org/10.3389/fnbeh.2010.00029)
- Meck, W. H., Church, R. M., & Olton, D. S. (1984/2013). Hippocampus, time, and memory. *Behavioral Neuroscience*. 127(5), 655–668. doi: [10.1037/a0034188](https://doi.org/10.1037/a0034188)
- Miyoshi, E., Wietzikoski, E. C., Bortolanza, M., Boschen, S. L., Canteras, N. S., Izquierdo, I., & Da Cunha, C. (2012). Both the dorsal hippocampus and the dorsolateral striatum are needed for rat navigation in the Morris water maze. *Behavioural brain research*, 226(1), 171–178. doi: [10.1016/j.bbr.2011.09.011](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.09.011)
- Morris, R. (1984). Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. *Journal of neuroscience methods*, 11(1), 47–60. doi: [10.1016/0165-0270\(84\)90007-4](https://doi.org/10.1016/0165-0270(84)90007-4)
- Morris, R. G. (1981). Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and Motivation*. 12, 239–260. doi: [10.1016/0023-9690\(81\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0023-9690(81)90020-5)
- Mueller, J. C., Korsten, P., Hermannstaedter, C., Feulner, T., Dingemans, N. S. J., Matthysen, E., Van Oers, K., Van Overveld, T., Patrick, S. C., Quinn, J. L., Riemenschneider, M., Tinbergen, J. M., Kempenaers, B. (2013). Haplotype structure, adaptive history and associations with exploratory behaviour of the DRD4 gene region in four great tit (*Parus major*) populations. *Molecular ecology*, 22(10), 2797–2809. doi: [10.1111/mec.12282](https://doi.org/10.1111/mec.12282)
- Nguyen, P. V., Abel, T., Kandel, E. R., Bourchouladze, R. (2000). Strain-dependent differences in LTP and hippocampus-dependent memory in inbred mice. *Learning & Memory*, 7(3), 170–179. doi: [10.1101/lm.7.3.170](https://doi.org/10.1101/lm.7.3.170)
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Clarendon Press, Oxford.
- Olton, D. S. (1972). Discrimination reversal performance after hippocampal lesions: an enduring failure of reinforcement and non-reinforcement to direct behavior. *Physiology & behavior*, 9(3), 353–356. doi: [10.1016/0031-9384\(72\)90158-8](https://doi.org/10.1016/0031-9384(72)90158-8)
- Olton, D. S. (1977). Spatial memory. *Scientific American*, 236, 82–98. doi: [10.1038/scientificamerican0677-82](https://doi.org/10.1038/scientificamerican0677-82)
- Olton, D. S. (1992). Tolman's cognitive analyses: predecessors of current approaches in psychology. *Journal of Experimental Psychology. General*, 121, 427–428. doi: [10.1016/0031-9384\(72\)90158-8](https://doi.org/10.1016/0031-9384(72)90158-8)
- Olton, D. S., & Samuelson, R. J. (1976). Remembrance of places passed: Spatial memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2(2), 97. doi: [10.1037/0097-7403.2.2.97](https://doi.org/10.1037/0097-7403.2.2.97)
- Olton, D. S., Markowska, A. L., Pang, K., Golski, S., Voytko, M. L., & Gorman, L. K. (1992). Comparative cognition and assessment of cognitive processes in animals. *Behavioural pharmacology*, 3(4), 307–318. doi: [10.1097/00008877-199208000-00006](https://doi.org/10.1097/00008877-199208000-00006)
- Pang, K., Williams, M. J., Egeth, H., & Olton, D. S. (1993). Nucleus basalis magnocellularis and attention: effects of muscimol infusions. *Behavioral neuroscience*, 107(6), 1031–1038. doi: [10.1037/0735-7044.107.6.1031](https://doi.org/10.1037/0735-7044.107.6.1031)
- Paratore, S., Alessi, E., Coffa, S., Torrisi, A., Mastrobuono, F., & Cavallaro, S. (2006). Early genomics of learning and memory: a review. *Genes, Brain and Behavior*, 5(3), 209–221. doi: [10.1111/j.1601-183X.2005.00159.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-183X.2005.00159.x)
- Patil, S. S., Schlick, F., Höger, H., & Lubec, G. (2010). Involvement of individual hippocampal signaling protein levels in spatial memory formation is strain-dependent. *Amino Acids*, 39(1), 75–87. doi: [10.1007/s00726-009-0379-8](https://doi.org/10.1007/s00726-009-0379-8)
- Pazhetnov, V. S. (1990). *[The brown bear]*. Moscow: Agropromizdat. (Russian).
- Peirce, J. L., Chesler, E. J., Williams, R. W. & Lu, L. (2003). Genetic architecture of the mouse hippocampus: Identification of gene loci with selective regional effects. *Genes, Brain and Behavior*, 2, 238–252. doi: [10.1034/j.1601-183X.2003.00030.x](https://doi.org/10.1034/j.1601-183X.2003.00030.x)
- Perepelkina, O. V., Golibrodo, V. A., Lilp, I. G., & Poletaeva, I. I. (2014). Selection of laboratory mice for the high scores of logic task solutions: The correlated changes in behavior. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 5, 294–300. doi: [10.4236/abb.2014.54036](https://doi.org/10.4236/abb.2014.54036)
- Perepelkina, O. V., Markina, N. V., Golibrodo, V. A., Lilp, I. G., & Poletaeva, I. I. (2011). [Selection of mice for high level of extrapolation capacity with cobcommitant low anxiety level]. *Zhurnal vyssheĭ nervnoĭ deiatel'nosti imeni IP Pavlova*, 61(6), 742–749. (Russian).
- Pleskacheva, M. G., & Zorina, Z. A. (2012). Solution of Revez-Krushinskii test by animals of different taxonomic groups. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 48(5–6), 548–567. doi: [10.1134/S002209301205009X](https://doi.org/10.1134/S002209301205009X)
- Pleskacheva, M. G., Zorina, Z. A., Nikolenko, D. L., Wolfer, D. P., Kostyna, Z. A., & Lipp, H. P. (2002). [Behavioral impairments in Morris water maze in rats selectively bred for audiogenic seizure susceptibility (Krushinsky-Molodkina strain)]. *Zhurnal vyssheĭ nervnoĭ deiatel'nosti imeni IP Pavlova*, 52(3), 356–365. (Russian).
- Pleskacheva, M. G., Wolfer, D. P., Kupriyanova, I. F., Nikolenko, D. L., Scheffrahn, H., Dell'Omo, G., & Lipp, H. P. (2000). Hippocampal mossy fibers and swimming navigation learning in two vole species occupying different habitats. *Hippocampus*, 10(1), 17–30. doi: [10.1002/\(SICI\)1098-1063\(2000\)10:1<17::AID-HIPO2>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1063(2000)10:1<17::AID-HIPO2>3.0.CO;2-O)
- Poletaeva, I. I., & Romanova, L. G. (2013). [Chromosomal mutations and mouse ability to extrapolate the direction of stimulus movement]. In: Poletaeva I. I., Zorina Z. A. (eds). *The development of behavior: its normal and abnormal aspects. To the 100 anniversary of L. V. Krushinsky*. Moscow: LRS Publ. House, 217–238. (Russian).
- Poletaeva, I. I., & Zorina, Z. A. (eds.) (2013). *The development of behavior: its normal and abnormal aspects. To the 100 anniversary of L. V. Krushinsky*. LRS Publ. House. (Russian).
- Poletaeva, I. I., Popova, N. V., & Romanova, L. G. (1993). Genetic aspects of animal reasoning. *Behavior Genetics*, 23, 467–475. doi: [10.1007/BF01067982](https://doi.org/10.1007/BF01067982)
- Popova, N. V., & Poletaeva, I. I. (1983). [Ability to solve extrapolation problems in mice selected for different brain weights]. *Zhurnal vyssheĭ nervnoĭ deiatel'nosti imeni IP Pavlova*, 33, 370–372. (Russian).
- Popova, N. V., Kessarev, V. S., Poletaeva, I. I., & Romanova, L. G. (1983). [Cortical cytoarchitectonics in mice, selected for large and small brain weight]. *Zhurnal vyssheĭ nervnoĭ deiatel'nosti imeni IP Pavlova*, 33, 576–582. (Russian).
- Rehkämper, G., Frahm, H. D., & Cnotka, J. (2008). Mosaic evolution and adaptive brain component alteration under domestication seen on the background of evolutionary theory. *Brain, behavior and evolution*, 71(2), 115–126. doi: [10.1159/000111458](https://doi.org/10.1159/000111458)
- Rensch, B. (1956). Increase of learning capability with increase of brain-size. *American Naturalist*, 81–95. doi: [10.1086/281911](https://doi.org/10.1086/281911)
- Reznikova, Z. (2007). *Animal intelligence. From individual to social cognition*. Cambridge University Press.
- Ruiz-Opazo, N., & Tonkiss, J. (2006). Genome-wide scan for quantitative trait loci influencing spatial navigation and social recognition memory in Dahl rats. *Physiological genomics*, 26(2), 145–151. doi: [10.1152/physiolgenomics.00019.2006](https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00019.2006)

- Sago, H., Carlson, E. J., Smith, D. J., Kilbridge, J., Rubin, E. M., Mobley, W. C., Epstein, C. J., & Huang, T. T. (1998). Ts1Cje, a partial trisomy 16 mouse model for Down syndrome, exhibits learning and behavioral abnormalities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(11), 6256–6261. doi: [10.1073/pnas.95.11.6256](https://doi.org/10.1073/pnas.95.11.6256)
- Sara, S. J., Devauges, V., Biegona, A., & Blizard, D. A. (1994). The Maudsley rat strains as a probe to investigate noradrenergic-cholinergic interaction in cognitive function. *Journal of Physiology-Paris*, 88(6), 337–345. doi: [10.1016/0928-4257\(94\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0928-4257(94)90026-4)
- Sarnyai, Z., Sibille, E. L., Pavlides, C., Fenster, R. J., McEwen, B. S., & Tóth, M. (2000). Impaired hippocampal-dependent learning and functional abnormalities in the hippocampus in mice lacking serotonin1A receptors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(26), 14731–14736. doi: [10.1073/pnas.97.26.14731](https://doi.org/10.1073/pnas.97.26.14731)
- Schwegler, H., Crusio, W. E., & Brust, I. (1990). Hippocampal mossy fibers and radial-maze learning in the mouse: a correlation with spatial working memory but not with non-spatial reference memory. *Neuroscience*, 34(2), 293–298. doi: [10.1016/0306-4522\(90\)90139-U](https://doi.org/10.1016/0306-4522(90)90139-U)
- Schwegler, H., Crusio, W. E., Lipp, H. P., Brust, I., & Mueller, G. G. (1991). Early postnatal hyperthyroidism alters hippocampal circuitry and improves radial-maze learning in adult mice. *The Journal of neuroscience*, 11(7), 2102–2106.
- Shumaker, R. W., Walkup, K. R., & Beck, B. B. (2011). *Animal tool behavior: the use and manufacture of tools by animals*. JHU Press.
- Steinberger, D., Reynolds, D. S., Ferris, P., Lincoln, R., Datta, S., Stanley, J., Paterson, A., Dawson, G. R., & Flint, J. (2003). Genetic mapping of variation in spatial learning in the mouse. *The Journal of neuroscience*, 23(6), 2426–2433.
- Sultana, R., Ameno, K., Jamal, M., Miki, T., Tanaka, N., Ono, J., Kinoshita, H., & Nakamura, Y. (2013). Low-dose nicotine facilitates spatial memory in ApoE-knockout mice in the radial arm maze. *Neurological Sciences*, 34(6), 891–897. doi: [10.1007/s10072-012-1149-z](https://doi.org/10.1007/s10072-012-1149-z)
- Sunyer, B., Patil, S., Frischer, C., Hoeger, H., & Lubec, G. (2008). Strain-dependent effects of cognitive enhancers in the mouse. *Amino Acids*, 34(3), 485–495. doi: [10.1007/s00726-007-0511-6](https://doi.org/10.1007/s00726-007-0511-6)
- Teather, L. A., Packard, M. G., Smith, D. E., Ellis-Behnke, R. G., & Bazan, N. G. (2005). Differential induction of c-Jun and Fos-like proteins in rat hippocampus and dorsal striatum after training in two water maze tasks. *Neurobiology of learning and memory*, 84(2), 75–84. doi: [10.1016/j.nlm.2005.03.006](https://doi.org/10.1016/j.nlm.2005.03.006)
- Terunuma, M., Revilla-Sanchez, R., Quadros, I. M., Deng, Q., Deeb, T. Z., Lumb, M., Sicinski, P., Haydon, P. G., Pangalos, M. N., & Moss, S. J. (2014). Postsynaptic GABAB Receptor Activity Regulates Excitatory Neuronal Architecture and Spatial Memory. *The Journal of Neuroscience*, 34(3), 804–816. doi: [10.1523/JNEUROSCI.3320-13.2013](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3320-13.2013)
- Tolman, E. C. (1932). *Purposive behavior in animals and men*. London: Appleton-Century.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological review*, 55(4), 189–208. doi: [10.1037/h0061626](https://doi.org/10.1037/h0061626)
- Trut, L. N. (1999). Early Canid Domestication: The Farm-Fox Experiment: Foxes bred for tamability in a 40-year experiment exhibit remarkable transformations that suggest an interplay between behavioral genetics and development. *American Scientist*, 160–169. doi: [10.1511/1999.2.160](https://doi.org/10.1511/1999.2.160)
- Upchurch, M., & Wehner, J. M. (1989). Inheritance of spatial learning ability in inbred mice: a classical genetic analysis. *Behavioral neuroscience*, 103(6), 1251–1258. doi: [10.1037/0735-7044.103.6.1251](https://doi.org/10.1037/0735-7044.103.6.1251)
- Vöikar, V., Polus, A., Vasar, E., & Rauvala, H. (2005). Long-term individual housing in C57BL/6J and DBA/2 mice: assessment of behavioral consequences. *Genes, Brain and Behavior*, 4(4), 240–252. doi: [10.1111/j.1601-183X.2004.00106.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-183X.2004.00106.x)
- Wahlsten, D. (2011). *Mouse behavioral testing. How to use mice in behavioral neuroscience*. Elsevier, Academic Press.
- Wahlsten, D., Cooper, S. F., & Crabbe, J. C. (2005). Different rankings of inbred mouse strains on the Morris maze and a refined 4-arm water escape task. *Behavioural brain research*, 165(1), 36–51. doi: [10.1016/j.bbr.2005.06.047](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2005.06.047)
- Wang, B., Hu, Q., Hearn, M. G., Shimizu, K., Ware, C. B., Liggitt, D. H., Jin, L. W., Cool, B. H., Storm, D. R., & Martin, G. M. Isoform-specific knockout of FE65 leads to impaired learning and memory. *Journal of neuroscience research*, 75(1), 12–24. DOI: [10.1002/jnr.10834](https://doi.org/10.1002/jnr.10834)
- Wasserman, E. A., & Zentall, T. S. (eds). *Comparative cognition. Experimental exploration of animal intelligence*. N. Y.: Oxford University press, 2006.
- Wehner, J. M., Radcliffe, R. A., Rosmann, S. T., Christensen, S. C., Rasmussen, D. L., Fulker, D. W., & Wiles, M. (1997). Quantitative trait locus analysis of contextual fear conditioning in mice. *Nature genetics*, 17(3), 331–334. doi: [10.1038/ng1197-331](https://doi.org/10.1038/ng1197-331)
- Wenk, G., Hughey, D., Boundy, V., Kim, A., Walker, L., & Olton, D. (1987). Neurotransmitters and memory: role of cholinergic, serotonergic, and noradrenergic systems. *Behavioral neuroscience*, 101(3), 325–332. doi: [10.1037/0735-7044.101.3.325](https://doi.org/10.1037/0735-7044.101.3.325)
- Williams, R. W., & Mulligan, M. K. (2011). Genetic and molecular network analysis of behavior. *International review of neurobiology*, 104, 135–157. doi: [10.1016/B978-0-12-398323-7.00006-9](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398323-7.00006-9)
- Williams, R. W. (n.d.). *Measuring brain weight*. Retrieved from http://www.nervenet.org/iscope/mbl_10.html
- Wincott, C. M., Abera, S., Vunck, S. A., Choi, Y., Titcombe, R. F., Antoin, S. O., Tukey, D. S., Devito, L. M., Hofmann, F., Hoeffler, C. A., & Ziff, E. B. (2014). cGMP-dependent protein kinase type II knockout mice exhibit working memory impairments, decreased repetitive behavior, and increased anxiety-like traits. *Neurobiology of learning and memory*, 114, 32–39. doi: [10.1016/j.nlm.2014.04.007](https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.04.007)
- Yadav, R., Hillman, B. G., Gupta, S. C., Suryavanshi, P., Bhatt, J. M., Pavuluri, R., Stairs, D. J., & Dravid, S. M. (2013). Deletion of glutamate delta-1 receptor in mouse leads to enhanced working memory and deficit in fear conditioning. *PLoS One*, 8(4):e60785. doi: [10.1371/journal.pone.0060785](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060785)
- Yoshida, M., Goto, K., & Watanabe, S. (2001). Task-dependent strain difference of spatial learning in C57BL/6N and BALB/c mice. *Physiology & behavior*, 73(1), 37–42. doi: [10.1016/S0031-9384\(01\)00419-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(01)00419-X)
- Zorina, Z. A., & Obozova, T. A. (2012). New data on the brain and cognitive abilities of birds. *Biology Bulletin*, 39(7), 601–617. doi: [10.1134/S1062359012070126](https://doi.org/10.1134/S1062359012070126)
- Zorina, Z. A. & Poletaeva, I. I. (2001/2011). [*Zoopsychology: elementary thinking in animals*]. Moscow: Aspect Press. (Russian).
- Zorina, Z. A., & Smirnova, A. A. (2013). [The history of experimental studies of cognitive abilities and the impact of L. V. Krushinsky in the modern concepts of elementary reasoning]. In: *The development of behavior: its normal and abnormal aspects. To the 100 anniversary of L. V. Krushinsky* (pp. 36–38). Moscow: LRS Publ. (Russian).

Исследование простой формы когнитивных способностей животных: генетические подходы

Инга Игоревна Полетаева

Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Зоя Александровна Зорина

Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Одна из актуальных проблем современной когнитивной науки и нейробиологии в целом – определение вклада генетических факторов в изменчивость когнитивных способностей животных. Термин «когнитивные способности» зачастую применяется в слишком широком смысле и включает любые поведенческие проявления нервной пластичности. Различные феномены, относящиеся к когнитивным процессам у животных, можно подразделить на две основные категории, из которых в настоящей статье будет рассмотрена только первая. Эта первая категория включает «базовые» когнитивные способности, которые включают пространственное поведение и некоторые проявления мышления (решение простейших логических задач), а также обобщение на допонятийном уровне. Вторая категория объединяет более сложные формы когнитивных способностей, включая изготовление и использование орудий в новой ситуации, а также способность к обобщению, вплоть до образования довербальных понятий и символизации. Очевидно, что исследование вклада генетических факторов в контроль когнитивных процессов возможны только в отношении первой категории феноменов. Эти работы проводились главным образом на грызунах с использованием различных генетических моделей (селектированные линии, мутанты и др.). Короткий обзор литературных данных предшествует описанию собственных экспериментальных данных о решении грызунами элементарных логических задач. В них оценивалась способность к решению задачи на экстраполяцию при использовании нескольких уникальных генетических моделей. Представлены проводимые нами впервые в мире эксперименты по отбору мышей с высокими показателями способности к экстраполяции (селекция на простой когнитивный признак), описаны также различия в других признаках поведения, появившиеся в ходе селекции.

Контактная информация: Инга Игоревна Полетаева, ingapoletaeva@mail.ru, 119234, Россия, Москва, Воробьевы горы, д. 1, стр. 12, Биологический факультет МГУ.

Ключевые слова: Мышление животных, когнитивные способности, когнитивные тесты, способность к экстраполяции, грызуны, физиолого-генетические механизмы, селекция по когнитивному признаку, генетические модели, селектированные линии, робертсоновские транслокации

© 2014 Инга Полетаева, Зоя Зорина. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности: Исследование было частично поддержано грантами Российского фонда фундаментальных исследований N 13-04-00747, N 12-04-00360.

Статья поступила в редакцию 1 мая 2014 г. Принята в печать 26 сентября 2014 г.

Литература

- Зорина З. А., Полетаева И. И. Зоопсихология. Элементарное мышление животных. М.: Аспект-пресс, 2001–2011.
- Зорина З. А., Смирнова А. А. История экспериментального изучения когнитивных способностей животных и вклад Л. В. Крушинского в формирование современных представлений об элементарном мышлении // Формирование поведения животных в норме и патологии. К 100-летию со дня рождения Л. В. Крушинского. М.: Языки славянской культуры, 2013. С. 36–38.
- Крушинский Л. В. Биологические основы рассудочной деятельности. Эволюционные, физиологические и генетические аспекты. М.: УРСС, 2009.
- Крушинский Л. В., Дыбан А. П., Баранов В. С., Полетаева И. И., Романова Л. Г. Особенности высшей нервной деятельности мышей с робертсоновскими транслокациями хромосом // Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова. 1982. Т. 32. N 3. С. 446–453.
- Крушинский Л. В., Дыбан А. П., Полетаева И. И., Романова Л. Г., Баранов В. С., Грегорова С., Форейт Е. Исследование способности к экстраполяции у лабораторных мышей с частичной трисомией аутосом // Доклады АН СССР. 1982. Т. 260. С. 1497–1499.
- Пажетнов В. С. Бурый медведь. М.: Агропромиздат, 1990.
- Купцов П. А., Плескачева М. Г., Анохин К. В. Неравномерная rostro-каудальная активация гиппокампа после исследования мышами нового пространства // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2012. Т. 62. N 1. С. 43–55.
- Перепелкина О. В., Маркина Н. В., Лильп И. Г., Голибродо В. А., Полетаева И. И. Селекция мышей на высокий уровень способности к экстраполяции при низком уровне тревожности // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2011. Т. 61. N 6. С. 742–749.
- Плескачева М. Г., Зорина З. А., Николенко Д. Л., Вольфер Д. П., Костына З. А., Липп Х. П. Поведение в водном тесте Морриса крыс линии Крушинского–Молодкиной, селективированных на повышенную судорожную готовность // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2002. Т. 52. N 3. С. 356–365.
- Полетаева И. И., Романова Л. Г. Хромосомные мутации и способность лабораторных мышей к экстраполяции направления движения стимула // Формирование поведения животных в норме и патологии. К 100-летию со дня рождения Л. В. Крушинского. М.: Языки славянской культуры, 2013. С. 225–247.
- Попова Н. В., Полетаева И. И. Способность к экстраполяции у мышей, селективированных на разную массу мозга // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1983. Т. 33. С. 370–372.
- Попова Н. В., Кесарев В. С., Полетаева И. И., Романова Л. Г. Цитоархитектоника коры головного мозга мышей, селективированных на разную массу мозга // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1983. Т. 33, N 3. С. 576–582.
- Фирсов Л. А., Чижиков А. М. Очерки физиологической психологии. СПб.: Астер-Х, 2003.
- Формирование поведения животных в норме и патологии. К 100-летию со дня рождения Л. В. Крушинского. / Под ред. И. И. Полетаевой, З. А. Зориной. М.: Языки славянской культуры, 2013.
- Ammassari-Teule M., Caprioli A. Spatial learning and memory, maze running strategies and cholinergic mechanisms in two inbred strains of mice // Behavioural brain research. 1985. Vol. 17. N 1. P. 9–16. doi: 10.1016/0166-4328(85)90003-8
- Arp J. M., ter Horst J. P., Kanatsou S., Fernández G., Joëls, M., Krugers H. J., Oitzl M. S. Mineralocorticoid receptors guide spatial and stimulus-response learning in mice // PLoS One. 2014. Vol. 9. N 1. P. e86236. doi: 10.1371/journal.pone.0086236
- Bagotskaya M. S., Smirnova A. A., Zorina Z. A. Corvidae can understand logical structure in baited string-pulling tasks // Neuroscience and Behavioral Physiology. 2012. Vol. 42. N 1. P. 36–42.
- Bakloushinskaya I. Y., Romanenko S. A., Graphodatsky A. S., Matveevskiy S. N., Lyapunova E. A., Kolomiets O. L. The role of chromosome rearrangements in the evolution of mole voles of the genus Ellobius (Rodentia, Mammalia) // Russian journal of genetics. 2010. Vol. 46. N 9. P. 1143–1145. doi: 10.1134/S1022795410090346
- Baranov V. S. Mice with Robertsonian translocations in experimental biology and medicine // Genetica. 1984. Vol. 52. N 1. P. 23–32. doi: 10.1007/BF00121810
- Becker J. T., Walker J. A., Olton, D. S. (1980). Neuroanatomical bases of spatial memory // Brain Research. 1980. Vol. 200. N 2. P. 307–320. doi: 10.1016/0006-8993(80)90922-1
- Ben-Abdallah N. M., Fuss J., Trusel M., Galsworthy M. J., Bobbin K., Colacicco G., Deacon R. M., Riva M. A., Kellendonk C., Sprenkel R., Lipp H-P, Gass P. The puzzle box as a simple and efficient behavioral test for exploring impairments of general cognition and executive functions in mouse models of schizophrenia // Experimental Neurology. 2011. Vol. 227. N 1. P. 42–52. doi: 10.1016/j.expneurol.2010.09.008
- Beritov J. S. Neural mechanisms of higher vertebrate behavior. Translated and edited by W. T. Liberson. Boston: Little, Brown and Co., 1967.
- Boake C. R., Arnold S. J., Breden F., Meffert L. M., Ritchie M. G., Taylor B. J., Wolf J. B., Moore A. J. Genetic tools for studying adaptation and the evolution of behaviour // The American Naturalist. 2002. Vol. 160. N 56. P. S143–S159. doi: 10.1086/342902
- Burešová O. Spatial memory and instrumental conditioning // Acta neurobiologiae experimentalis. 1980. Vol. 40. N 1. P. 51–65.
- Buzsáki G., Chen L. S., Gage F. H. Chapter Spatial organization of physiological activity in the hippocampal region: relevance to memory formation // Progress in brain research. 1990. Vol. 83. P. 257–268. doi: 10.1016/S0079-6123(08)61255-8
- Clinton S. M., Stead J. D., Miller S., Watson S. J., Akil H. Developmental underpinnings of differences in rodent novelty seeking and emotional reactivity // European Journal of Neuroscience. 2011. Vol. 34. N 6. P. 994–1005. doi: 10.1111/j.1460-9568.2011.07811.x
- Committee on Standardized Genetic Nomenclature for Mice. A revision of the standardized genetic nomenclature for mice // Journal of Heredity. 1963. Vol. 54. P. 159–162.
- Crabbe J. C., Wahlsten D., Dudek B. C. Genetics of mouse behavior: interactions with laboratory environment // Science. 1999. Vol. 284. N 5420. P. 1670–1672. doi: 10.1126/science.284.5420.1670
- Crusio W. E., Schwegler H., Brust I. Covariations Between Hippocampal Mossy Fibres and Working and Reference Memory in Spatial and Non-spatial Radial Maze Tasks in Mice // European Journal of Neuroscience. 1993. Vol. 5. N 10. P. 1413–1420. doi: 10.1111/j.1460-9568.1993.tb00927.x
- de Bruin N., Mahieu M., Patel T., Willems R., Lesage A., Mengers A. Performance of F2 B6x129 hybrid mice in the Morris water maze, latent inhibition and prepulse inhibition paradigms: comparison with C57Bl/6J and 129sv inbred mice // Behavioural brain research. 2006. Vol. 172. N 1. P. 122–134. doi: 10.1016/j.bbr.2006.05.002
- Dragoi G., Tonegawa S. Selection of preconfigured cell assemblies for representation of novel spatial experiences // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2014. Vol. 369. N. 1635. P. 20120522. doi: 10.1098/rstb.2012.0522
- Duclot F., Jacquet C., Gongora C., Maurice T. Alteration of working memory but not in anxiety or stress response in p300/CBP associated factor (PCAF) histone acetylase knockout mice bred on a C57BL/6 background // Neuroscience letters. 2010. Vol. 475. N 3. P. 179–183. doi: 10.1016/j.neulet.2010.03.077

- Dulawa S. C., Hen R.* Recent advances in animal models of chronic antidepressant effects: the novelty-induced hypophagia test // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2005. Vol. 29. N 4. P. 771–783. doi: [10.1016/j.neubiorev.2005.03.017](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.03.017)
- Firsov L. A.* Ape's behavior in natural habitat. Moscow: Krasand Publ. House, 2010. 2nd edition.
- Goh J. J., Manahan-Vaughan D.* Synaptic depression in the CA1 region of freely behaving mice is highly dependent on afferent stimulation parameters // *Frontiers in integrative neuroscience*. 2013. N 7: 1. doi: [10.3389/fnint.2013.00001](https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00001)
- Gökçek-Saraç Ç., Karakurt S., Adali O., Jakubowska-Doğru E.* Correlation between hippocampal levels of neural, epithelial and inducible NOS and spatial learning skills in rats // *Behavioural brain research*. 2012. Vol. 235. N 2. P. 326–333. doi: [10.1016/j.bbr.2012.08.005](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2012.08.005)
- Goldowitz D., Wahlsten D., Wimer R. E.* Techniques for the genetic analysis of brain and behavior: focus on the mouse (Vol. 8). Elsevier Science Ltd., 1992.
- Grootendorst J., Enthoven L., Dalm S., de Kloet E. R., Oitzl M. S.* Increased corticosterone secretion and early-onset of cognitive decline in female apolipoprotein E-knockout mice // *Behavioural brain research*. 2004. Vol. 148. N 1. P. 167–177. doi: [10.1016/S0166-4328\(03\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(03)00188-8)
- Gropp A., Winking H., Redi C., Capanna E., Britton-Davidian J., Noack G.* (1982). Robertsonian karyotype variation in wild house mice from Rhaeto-Lombardia // *Cytogenetic and Genome Research*. 1982. Vol. 34. N 1–2. P. 67–77. doi: [10.1159/000131794](https://doi.org/10.1159/000131794)
- Hartley T., Lever C., Burgess N., O'Keefe J.* Space in the brain: how the hippocampal formation supports spatial cognition // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2014. Vol. 369. N 1635. P. 20120510. doi: [10.1098/rstb.2012.0510](https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0510)
- Hasenöhrl R. U., Weth K., Huston J. P.* Intraventricular infusion of the histamine H(1) receptor antagonist chlorpheniramine improves maze performance and has anxiolytic-like effects in aged hybrid Fischer 344xBrown Norway rats // *Experimental Brain Research*. 1999. Vol. 128. N 4. P. 435–440. doi: [10.1007/s002210050866](https://doi.org/10.1007/s002210050866)
- Henderson N. D.* Brain weight changes resulting from enriched rearing conditions: a diallel analysis // *Developmental psychobiology*. 1973. Vol. 6. N 4. P. 367–376. doi: [10.1002/dev.420060410](https://doi.org/10.1002/dev.420060410)
- Herrera V. L., Pasion K. A., Tan G. A., Moran A. M., Ruiz-Opazo N.* Sex-specific effects on spatial learning and memory, and sex-independent effects on blood pressure of a <3.3 Mbp rat chromosome 2 QTL region in Dahl salt-sensitive rats // *PloS one*. 2013. Vol. 8. N 7. P. e67673. doi: [10.1371/journal.pone.0067673](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067673)
- Hussaini S. A., Kempadoo K. A., Thuault S. J., Siegelbaum S. A., Kandel E. R.* (2011). Increased size and stability of CA1 and CA3 place fields in HCN1 knockout mice // *Neuron*. 2011. Vol. 72. N 4. P. 643–653. doi: [10.1016/j.neuron.2011.09.007](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.09.007)
- Johansen J. P.* Neuroscience: Anxiety is the sum of its parts // *Nature*. 2013. Vol. 496. N 7444. P. 174–175. doi: [10.1038/nature12087](https://doi.org/10.1038/nature12087)
- Koehler O.* Thinking without words // *Proceedings of the 14th International Congress of Zoology, Copenhagen*. 1956. P. 75–88.
- Kohler W.* *Intelligenzprüfung an Menschenaffen* [The mental-ity of apes]. Berlin: Springer, 1921. doi: [10.1007/978-3-642-47574-0](https://doi.org/10.1007/978-3-642-47574-0)
- Korsten P., Mueller J. C., Hermannstaedter C., Bowman K. D., Dingemans J. N., Piet N. S. J., Liedvogel J. D. M., Matthyssen E., Van Oers K., Van Overveld T., Quinn J. L., Patrick S. C., Sheldon B. N. C., Tinbergen J. M., Kempenaers B.* Association between DRD4 gene polymorphism and personality variation in great tits: a test across four wild populations // *Molecular Ecology*. 2010. Vol. 19. N 4. P. 832–843. doi: [10.1111/j.1365-294X.2009.04518.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04518.x)
- Krushinsky L. V.* Experimental studies of elementary reasoning: Evolutionary, physiological, and genetic aspects of behavior. New Delhi, Oxonian Press, 1990.
- Kruska D.* [Comparative quantitative study on brains of wild and laboratory rats. I. Comparison of volume of total brain and classical brain parts] // *Journal für Hirnforschung*. 1974. Vol. 16. N 6. P. 469–483.
- Kruska D. C.* On the evolutionary significance of encephalization in some eutherian mammals: effects of adaptive radiation, domestication, and feralization // *Brain, behavior and evolution*. 2005. Vol. 65. N 2. P. 73–108. doi: [10.1159/000082979](https://doi.org/10.1159/000082979)
- Kuptsov P. A., Pleskacheva M. G., Voronkov D. N., Lipp K. P., Anokhin K. V.* Features of the expression of the c-Fos gene along the rostrocaudal axis of the hippocampus in common voles after rapid training to solve a spatial task // *Neuroscience and behavioral physiology*. 2006. Vol. 36. N 4. P. 341–350. doi: [10.1007/s11055-006-0023-y](https://doi.org/10.1007/s11055-006-0023-y)
- Ladygina-Kots N. N.* *Infant Chimpanzee and Human Child: A Classic 1935 Comparative Study of Ape Emotions and Intelligence*. Oxford University Press, 2002.
- Laeremans A., Sabanov V., Ahmed T., Nys J., Van de Plas B., Vinken K., Woolley D. G., Gantois I., D'Hooghe R., Arkens L., Balschun D.* Distinct and simultaneously active plasticity mechanisms in mouse hippocampus during different phases of Morris water maze training // *Brain Structure and Function*. 2014. P. 1–18. doi: [10.1007/s00429-014-0722-z](https://doi.org/10.1007/s00429-014-0722-z)
- Leitinger B., Poletaeva I. I., Wolfer D. P., Lipp H. P.* Swimming navigation, open-field activity, and extrapolation behavior of two inbred mouse strains with Robertsonian translocation of chromosomes 8 and 17 // *Behavior genetics*. 1994. Vol. 24. N 3. P. 273–284. doi: [10.1007/BF01067194](https://doi.org/10.1007/BF01067194)
- Lerch J. P., Yiu A. P., Martinez-Canabal A., Pekar T., Bohbot V. D., Frankland P. W., Henkelman R. M., Josselyn S. A., Sled J. G.* (2011). Maze training in mice induces MRI-detectable brain shape changes specific to the type of learning // *Neuroimage*. 2011. Vol. 54. N 3. P. 2086–2095. doi: [10.1016/j.neuroimage.2010.09.086](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.09.086)
- Lipp H. P., Collins R. L., Hausheer-Zarmakupi Z., Leisinger-Trigona M. C., Crusio W. E., Nosten-Bertrand M., Signore P., Schwegler H., Wolfer D. P.* Paw preference and intra-/infrapyramidal mossy fibers in the hippocampus of the mouse // *Behavior genetics*. 1996. Vol. 26. N 4. P. 379–390. doi: [10.1007/BF02359482](https://doi.org/10.1007/BF02359482)
- Lipp H. P., Schwegler H., Crusio W. E., Wolfer D. P., Leisinger-Trigona M. C., Heimrich B., Driscoll P.* Using genetically-defined rodent strains for the identification of hippocampal traits relevant for two-way avoidance behavior: a non-invasive approach // *Experientia*. 1989. Vol. 45. N 9. P. 845–859. doi: [10.1007/BF01954059](https://doi.org/10.1007/BF01954059)
- Markina N. V., Salimov R. M., Poletaeva I. I.* Behavioral screening of two mouse lines selected for different brain weight // *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 2001. Vol. 25. N 5. P. 1083–1109. doi: [10.1016/S0278-5846\(01\)00169-5](https://doi.org/10.1016/S0278-5846(01)00169-5)
- Matsuo N., Takao K., Nakanishi K., Yamasaki N., Tanda K., Miyakawa T.* Behavioral profiles of three C57BL/6 substrains // *Frontiers in behavioral neuroscience*. 2010. Vol. 4. doi: [10.3389/fnbeh.2010.00029](https://doi.org/10.3389/fnbeh.2010.00029)
- Meck W. H., Church R. M., Olton D. S.* Hippocampus, time, and memory // *Behavioral Neuroscience*. 1984/2013. Vol. 127. N 5. P. 655–668. doi: [10.1037/a0034188](https://doi.org/10.1037/a0034188)
- Miyoshi E., Wietzikoski E. C., Bortolanza M., Boschen S. L., Canteras N. S., Izquierdo I., Da Cunha C.* Both the dorsal hippocampus and the dorsolateral striatum are needed for rat navigation in the Morris water maze // *Behavioural brain research*. 2012. Vol. 226. N 1. P. 171–178. doi: [10.1016/j.bbr.2011.09.011](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.09.011)
- Morris R.* Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat // *Journal of neuroscience methods*. 1984. Vol. 11. N 1. P. 47–60. doi: [10.1016/0165-0270\(84\)90007-4](https://doi.org/10.1016/0165-0270(84)90007-4)
- Morris R. G.* Spatial localization does not require the presence of local cues // *Learning and Motivation*. 1981. Vol. 12. P. 239–260. doi: [10.1016/0023-9690\(81\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0023-9690(81)90020-5)

- Mueller J. C., Korsten P., Hermannstaedter C., Feulner T., Dingemans N. S. J., Matthysen E., Van Oers K., Van Overveld T., Patrick S. C., Quinn J. L., Riemenschneider M., Tinbergen J. M., Kempenaers B. Haplotype structure, adaptive history and associations with exploratory behaviour of the DRD4 gene region in four great tit (*Parus major*) populations // *Molecular ecology*. 2013. Vol. 22. N 10. P. 2797–2809. doi: [10.1111/mec.12282](https://doi.org/10.1111/mec.12282)
- Nguyen P. V., Abel T., Kandel E. R., Bourtchouladze R. Strain-dependent differences in LTP and hippocampus-dependent memory in inbred mice // *Learning & Memory*. 2000. Vol. 7. N 3. P. 170–179. doi: [10.1101/lm.7.3.170](https://doi.org/10.1101/lm.7.3.170)
- O'Keefe J., Nadel L. *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press, 1978.
- Olton D. S. Discrimination reversal performance after hippocampal lesions: an enduring failure of reinforcement and non-reinforcement to direct behaviour // *Physiology & behaviour*. 1972. Vol. 9. N 3. P. 353–356. doi: [10.1016/0031-9384\(72\)90158-8](https://doi.org/10.1016/0031-9384(72)90158-8)
- Olton D. S. Spatial memory // *Scientific American*. 1977. Vol. 236. P. 82–98. doi: [10.1038/scientificamerican0677-82](https://doi.org/10.1038/scientificamerican0677-82)
- Olton D. S. Tolman's cognitive analyses: predecessors of current approaches in psychology // *Journal of Experimental Psychology. General*. 1992. Vol. 121. P. 427–428. doi: [10.1016/0031-9384\(72\)90158-8](https://doi.org/10.1016/0031-9384(72)90158-8)
- Olton D. S., Samuelson R. J. Remembrance of places passed: Spatial memory in rats // *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. 1976. Vol. 2. N 2. P. 97–116. doi: [10.1037/0097-7403.2.2.97](https://doi.org/10.1037/0097-7403.2.2.97)
- Olton D. S., Markowska A. L., Pang K., Golski S., Voytko M. L., Gorman L. K. Comparative cognition and assessment of cognitive processes in animals // *Behavioural pharmacology*. 1992. Vol. 3. N 4. P. 307–318. doi: [10.1097/00008877-199208000-00006](https://doi.org/10.1097/00008877-199208000-00006)
- Pang K., Williams M. J., Egeth H., Olton D. S. Nucleus basalis magnocellularis and attention: effects of muscimol infusions // *Behavioral neuroscience*. 1993. Vol. 107. N 6. P. 1031–1038. doi: [10.1037/0735-7044.107.6.1031](https://doi.org/10.1037/0735-7044.107.6.1031)
- Paratore S., Alessi E., Coffa S., Torrisi A., Mastrobuono F., Cavallaro S. Early genomics of learning and memory: a review // *Genes, Brain and Behavior*. 2006. Vol. 5. N 3. P. 209–221. doi: [10.1111/j.1601-183X.2005.00159.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-183X.2005.00159.x)
- Patil S. S., Schlick F., Höger H., Lubec G. Involvement of individual hippocampal signaling protein levels in spatial memory formation is strain-dependent // *Amino Acids*. 2010. Vol. 39. N 1. P. 75–87. doi: [10.1007/s00726-009-0379-8](https://doi.org/10.1007/s00726-009-0379-8)
- Peirce J. L., Chesler E. J., Williams R. W., Lu L. Genetic architecture of the mouse hippocampus: Identification of gene loci with selective regional effects // *Genes, Brain and Behavior*. 2003. Vol. 2. P. 238–252. doi: [10.1034/j.1601-183X.2003.00030.x](https://doi.org/10.1034/j.1601-183X.2003.00030.x)
- Perepelkina O. V., Golobrodov V. A., Lilp I. G., Poletaeva I. I. Selection of laboratory mice for the high scores of logic task solutions: The correlated changes in behavior // *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 2014. Vol. 5. P. 294–300. doi: [10.4236/abb.2014.54036](https://doi.org/10.4236/abb.2014.54036)
- Pleskacheva M. G., Zorina, Z. A. Solution of Revez-Krushinskii test by animals of different taxonomic groups // *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*. 2012. Vol. 48. N 5–6. P. 548–567. doi: [10.1134/S002209301205009X](https://doi.org/10.1134/S002209301205009X)
- Pleskacheva M. G., Wolfer D. P., Kupriyanova I. F., Nikolenko D. L., Scheffrahn H., Dell'Omo G., Lipp H. P. Hippocampal mossy fibers and swimming navigation learning in two vole species occupying different habitats // *Hippocampus*. 2000. Vol. 10. N 1. P. 17–30. doi: [10.1002/\(SICI\)1098-1063\(2000\)10:1<17::AID-HIPO2>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1063(2000)10:1<17::AID-HIPO2>3.0.CO;2-O)
- Poletaeva I. I., Popova N. V., Romanova L. G. Genetic aspects of animal reasoning // *Behavior Genetics*. 1993. Vol. 23. P. 467–475. doi: [10.1007/BF01067982](https://doi.org/10.1007/BF01067982)
- Rehkämper G., Frahm H. D., Cnotka J. Mosaic evolution and adaptive brain component alteration under domestication seen on the background of evolutionary theory // *Brain, behavior and evolution*. 2008. Vol. 71. N 2. P. 115–126. doi: [10.1159/000111458](https://doi.org/10.1159/000111458)
- Rensch B. Increase of learning capability with increase of brain-size // *American Naturalist*. 1956. P. 81–95. doi: [10.1086/281911](https://doi.org/10.1086/281911)
- Reznikova Z. *Animal intelligence. From individual to social cognition*. Cambridge University Press, 2007.
- Ruiz-Opazo N., Tonkiss J. Genome-wide scan for quantitative trait loci influencing spatial navigation and social recognition memory in Dahl rats // *Physiological genomics*. 2006. Vol. 26. N 2. P. 145–151. doi: [10.1152/physiolgenomics.00019.2006](https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00019.2006)
- Sago H., Carlson E. J., Smith D. J., Kilbridge J., Rubin E. M., Mobley W. C., Epstein C. J., Huang T. T. Ts1Cje, a partial trisomy 16 mouse model for Down syndrome, exhibits learning and behavioral abnormalities // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1998. Vol. 95. N 11. P. 6256–6261. doi: [10.1073/pnas.95.11.6256](https://doi.org/10.1073/pnas.95.11.6256)
- Sara S. J., Devauges V., Biegon A., Blizard D. A. The Maudsley rat strains as a probe to investigate noradrenergic-cholinergic interaction in cognitive function // *Journal of Physiology-Paris*. 1994. Vol. 88. N 6. P. 337–345. doi: [10.1016/0928-4257\(94\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0928-4257(94)90026-4)
- Sarnyai Z., Sibille E. L., Pavlides C., Fenster R. J., McEwen B. S., Tóth M. Impaired hippocampal-dependent learning and functional abnormalities in the hippocampus in mice lacking serotonin1A receptors // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2000. Vol. 97. N 26. P. 14731–14736. doi: [10.1073/pnas.97.26.14731](https://doi.org/10.1073/pnas.97.26.14731)
- Schwegler H., Crusio W. E., Brust I. Hippocampal mossy fibers and radial-maze learning in the mouse: a correlation with spatial working memory but not with non-spatial reference memory // *Neuroscience*. 1990. Vol. 34. N 2. P. 293–298. doi: [10.1016/0306-4522\(90\)90139-U](https://doi.org/10.1016/0306-4522(90)90139-U)
- Schwegler H., Crusio W. E., Lipp H. P., Brust I., Mueller G. G. Early postnatal hyperthyroidism alters hippocampal circuitry and improves radial-maze learning in adult mice // *The Journal of neuroscience*. 1991. Vol. 11. N 7. P. 2102–2106.
- Shumaker R. W., Walkup K. R., Beck B. B. *Animal tool behavior: the use and manufacture of tools by animals*. JHU Press, 2011.
- Steinberger D., Reynolds D. S., Ferris P., Lincoln R., Datta S., Stanley J., Paterson A., Dawson G. R., Flint J. Genetic mapping of variation in spatial learning in the mouse // *The Journal of neuroscience*. 2003. Vol. 23. N 6. P. 2426–2433.
- Sultana R., Ameno K., Jamal M., Miki T., Tanaka N., Ono J., Kinoshita H., Nakamura Y. Low-dose nicotine facilitates spatial memory in ApoE-knockout mice in the radial arm maze // *Neurological Sciences*. 2013. Vol. 34. N 6. P. 891–897. doi: [10.1007/s10072-012-1149-z](https://doi.org/10.1007/s10072-012-1149-z)
- Sunyer B., Patil S., Frischer C., Hoeger H., Lubec G. Strain-dependent effects of cognitive enhancers in the mouse // *Amino Acids*. 2008. Vol. 34. N 3. P. 485–495. doi: [10.1007/s00726-007-0511-6](https://doi.org/10.1007/s00726-007-0511-6)
- Teather L. A., Packard M. G., Smith D. E., Ellis-Behnke R. G., Bazan N. G. Differential induction of c-Jun and Fos-like proteins in rat hippocampus and dorsal striatum after training in two water maze tasks // *Neurobiology of learning and memory*. 2005. Vol. 84. N 2. P. 75–84. doi: [10.1016/j.nlm.2005.03.006](https://doi.org/10.1016/j.nlm.2005.03.006)
- Terunuma M., Revilla-Sanchez R., Quadros I. M., Deng Q., Deeb T. Z., Lumb M., Sicinski P., Haydon P. G., Pangalos M. N., Moss S. J. Postsynaptic GABAB Receptor Activity Regulates Excitatory Neuronal Architecture and Spatial Memory // *The Journal of Neuroscience*. 2014. Vol. 34. N 3. P. 804–816. doi: [10.1523/JNEUROSCI.3320-13.2013](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3320-13.2013)
- Tolman E. C. *Purposive behavior in animals and men*. London: Appleton-Century, 1932.
- Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men. *Psychological review*. 1948. Vol. 55. N 4. P. 189–208. doi: [10.1037/h0061626](https://doi.org/10.1037/h0061626)
- Trut L. N. *Early Canid Domestication: The Farm-Fox Experiment: Foxes bred for tamability in a 40-year experiment exhibit remarkable transformations that suggest an interplay between behavioral genetics and development* // *American Scientist*. 1999. P. 160–169. doi: [10.1511/1999.2.160](https://doi.org/10.1511/1999.2.160)

Upchurch M., Wehner J. M. Inheritance of spatial learning ability in inbred mice: a classical genetic analysis // Behavioral neuroscience. 1989. Vol. 103. N 6. P. 1251–1258. doi: 10.1037/0735-7044.103.6.1251

Võikar V., Polus A., Vasar E., Rauvala H. Long-term individual housing in C57BL/6J and DBA/2 mice: assessment of behavioral consequences // Genes, Brain and Behavior. 2005. Vol. 4. N 4. P. 240–252. doi: 10.1111/j.1601-183X.2004.00106.x

Wahlsten D. Mouse behavioral testing. How to use mice in behavioral neuroscience. Elsevier, Academic Press, 2011.

Wahlsten D., Cooper S. F., Crabbe J. C. Different rankings of inbred mouse strains on the Morris maze and a refined 4-arm water escape task // Behavioural brain research. 2005. Vol. 165. N 1. P. 36–51. doi: 10.1016/j.bbr.2005.06.047

Wang B., Hu Q., Hearn M. G., Shimizu K., Ware C. B., Liggett D. H., Jin L. W., Cool B. H., Storm D. R., Martin G. M. Isoform-specific knockout of FE65 leads to impaired learning and memory // Journal of neuroscience research. 2004. Vol. 75. N 1. P. 12–24. DOI:10.1002/jnr.10834

Wasserman E. A., Zentall T. S. (eds). Comparative cognition. Experimental exploration of animal intelligence. N. Y.: Oxford University press, 2006.

Wehner J. M., Radcliffe R. A., Rosmann S. T., Christensen S. C., Rasmussen D. L., Fulker D. W., Wiles M. Quantitative trait locus analysis of contextual fear conditioning in mice // Nature genetics. 1997. Vol. 17. N 3. P. 331–334. doi: 10.1038/ng1197-331

Wenk G., Hughey D., Boundy V., Kim A., Walker L., Olton D. Neurotransmitters and memory: role of cholinergic, serotonergic, and noradrenergic systems // Behavioral neuroscience. 1987. Vol. 101. N 3. P. 325–332. doi: 10.1037/0735-7044.101.3.325

Williams R. W., Mulligan M. K. Genetic and molecular network analysis of behaviour // International review of neurobiology. 2011. Vol. 104. P. 135–157. doi: 10.1016/B978-0-12-398323-7.00006-9

Williams R. W. Measuring brain weight. Retrieved from http://www.nervenet.org/iscope/mbl_10.html

Wincott C. M., Abera S., Vunck S. A., Choi Y., Titcombe R. F., Antoine S. O., Tukey D. S., Devito L. M., Hofmann F., Hoeffler C. A., Ziff E. B. cGMP-dependent protein kinase type II knockout mice exhibit working memory impairments, decreased repetitive behavior, and increased anxiety-like traits // Neurobiology of learning and memory. 2014. Vol. 114. P. 32–39. doi: 10.1016/j.nlm.2014.04.007

Yadav R., Hillman B. G., Gupta S. C., Suryavanshi P., Bhatt J. M., Pavuluri R., Stairs D. J., Dravid S. M. Deletion of glutamate delta-1 receptor in mouse leads to enhanced working memory and deficit in fear conditioning // PLoS One. 2013. Vol. 8. N 4. P. e60785. doi: 10.1371/journal.pone.0060785.

Yoshida M., Goto K., Watanabe S. Task-dependent strain difference of spatial learning in C57BL/6N and BALB/c mice // Physiology & behavior. 2001. Vol. 73. N 1. P. 37–42. doi: 10.1016/S0031-9384(01)00419-X

Zorina Z. A., Obozova T. A. New data on the brain and cognitive abilities of birds // Biology Bulletin. 2012. Vol. 39. N 7. P. 601–617. doi: 10.1134/S1062359012070126

■ научная жизнь

XXXVII Европейская конференция по зрительному восприятию

Ольга Александровна Королькова

Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия

Аннотация. Будучи одной из старейших в своей области, ежегодная Европейская конференция по зрительному восприятию (European Conference on Visual Perception, ECVP) занимает важное место в календаре исследователей со всего мира. В последние годы число участников конференции из России стабильно растет. Данное сообщение содержит краткий обзор исследований, представленных на конференции в этом году.

Контактная информация: olga.kurakova@gmail.com, 123390 Москва, Шелепихинская наб., д. 2а, Центр экспериментальной психологии МГППУ.

Ключевые слова: восприятие, зрительные иллюзии, отчет о конференции.

© 2014 Ольга Королькова. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution”](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) («Атрибуция») 4.0. всемирная, согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Автор выражает благодарность А. Р. Николаеву (Лаборатория перцептивной динамики, Католический Университет Лёвена) за ценные дополнения к тексту данного сообщения.

Статья поступила в редакцию 18 сентября 2014 г. Принята в печать 24 сентября 2014 г.

Последняя неделя лета — традиционное время встречи психологов, нейрофизиологов, когнитивистов — специалистов из различных областей, которых объединяет интерес к изучению и моделированию перцептивных процессов у человека и животных — на Европейской конференции по зрительному восприятию (ECVP). Начиная с 1978 года, она ежегодно проводится в одном из городов Европы при поддержке издательства PION и журнала Perception. В этом году местом проведения уже 37-й по счету конференции стал Белград (Сербия). Организаторами выступили сотрудники объединенной Лаборатории экспериментальной психологии Университетов Белграда и г. Нови-Сад С. Здравкович, С. Маркович, Д. Тодорович, О. Тошкович, а также И. Торнтон из Университета Мальты.

Основная программа включала 97 устных и более 380 стендовых докладов, шесть тематических симпозиумов, две пленарные лекции, ряд воркшопов от представителей компаний-производителей специализированного оборудования для исследований зрительного восприятия, а также вечер

демонстрации зрительных иллюзий. В конференции приняло участие около 600 человек из 44 стран не только Европы, но и всего мира. Россия заняла почетное четвертое место по количеству представителей,



Рисунок 1. Приветственное слово С. Здравкович на открытии конференции. Фото О. Корольковой

пропустив вперед только Великобританию, Германию и Японию. Конференция проходила в крупнейшем в Сербии конгресс-центре Sava Centar. Ей предшествовала двухдневная тематическая конференция Visual Science of Art Conference (VSAC), целью которой стала интеграция науки и изобразительного искусства в изучении зрительного восприятия. Многие участники сателлитной конференции представляли свои работы и на ECVP.

На открытии ECVP Алан Гилхрист (Alan Gilchrist), профессор Университета Ратджерса (США), выступил с пленарной лекцией «Теоретические подходы к светлоте и ее восприятию» ([Theoretical approaches to lightness and perception](#)). Он рассмотрел два типа теорий восприятия светлоты как отражающей способности поверхностей объектов, не зависящей от интенсивности освещения. В теориях первого типа, включающих двухстадийную обработку информации о светлоте объектов, выделяются ранний этап возникновения первичных ощущений и поздний этап целостного восприятия, тогда как теории второго типа, основанные на идеях гештальтпсихологии, позволяют объяснить восприятие светлоты на среднем уровне переработки информации. А. Гилхрист рассказал о своих многолетних исследованиях светлоты, об экспериментах на зрительную адаптацию, основанных на классических работах А. Л. Ярбуса, а также продемонстрировал участникам конференции экспериментальные установки для изучения одновременного контраста и влияния освещенности на восприятие цвета объектов.

Лекция Карла Гегенфуртнера (Karl Gegenfurtner), профессора Университета Гиссена (Германия), прошедшая при поддержке фонда Rank Prize Funds, раскрывала проблему соотношения зрения и движений глаз ([Vision and eye movements](#)). Докладчик рассмотрел ключевые эмпирические результаты, полученные при изучении различных типов движений глаз в процессе зрительного восприятия, и привел новые аргументы в пользу того, что эволюция зрительной системы связана, прежде всего, с обеспечением оптимального взаимодействия между восприятием и активным извлечением информации об окружающем мире. К. Гегенфуртнер показал, что от выбора точки фиксации взора на неоднородно освещенном объекте зависят оценки светлоты его поверхности, а при свободном рассматривании таких объектов наблюдатели осуществляют фиксации, наиболее информативные с точки зрения определения светлоты.

Секции устных докладов были посвящены таким актуальным проблемам изучения восприятия, как зрительное внимание, движения глаз, искусство и зрение, зрительный поиск, восприятие движения, биологическое движение, цветовое зрение, мультимодальное восприятие, обучение и развитие, восприятие лица, восприятие и действие, принципы перцептивной группировки и др.

В рамках секции «Внимание» были представлены новые данные относительно механизмов работы внимания как фильтра (G. Sperling et al., [Visual attention filters for hue and saturation](#)), распределения внимания в задачах отслеживания нескольких объек-

тов (B. Sayim et al., [Crowding limits multiple object tracking](#)), переключения внимания при зрительном поиске (A. Grubert, M. Eimer, [Top-down control of rapid attentional allocation to multiple objects](#)).

На секции «Восприятие лица» поднимались проблемы индивидуального опыта при распознавании лиц (K. Lander et al., [Individual variation in the perception and recognition of faces](#)), соотношения статических и динамических компонентов восприятия лица как в случае приобретенной прозопагнозии (A.-R. Richoz et al., [Reconstructing emotions in motion in prosopagnosia reveals separate representations for identity and emotion](#)), так и при использовании метода «виртуального пациента» путем комбинирования деактивирующей ТМС (транскраниальной магнитной стимуляции) и функциональной магнитно-резонансной томографии фМРТ (D. D. Pitcher et al., [Combined TMS / fMRI reveals dissociable cortical pathways for dynamic and static faces](#)). В завершение своего доклада Д. Питчер предложил наряду с путями переработки информации «что» и «где» рассматривать в качестве отдельной системы путь «почему», связанный с распознаванием целенаправленного движения живых объектов.

Проблеме восприятия биологического движения была посвящена отдельная секция устных докладов. Ее участники представили результаты, говорящие о гендерных различиях в восприятии биологического движения фигуры человека, составленной из световых точек (M. A. Pavlova et al., [Sex differences in the MEG response to biological motion](#)), продемонстрировали возможность распознавания движения биологических объектов при зрительной агнозии (N. Ruffieux et al., [Residual biological motion perception in a case of cortical blindness](#)). Докладчики также привели ряд аргументов в пользу выделения специфической системы мозга, связанной с восприятием движения биологических агентов, и обособленной переработки статической и динамической информации (S. de la Rosa et al., [Actions in motion: Separate perceptual channels for processing dynamic and static action information](#)).

Среди работ, связанных с восприятием других типов движения, особого внимания заслуживает выступление А. Шапиро и коллег (A. G. Shapiro et al., [Separating different motion processes with hypocyloid motion](#)), которые представили новые зрительные демонстрации восприятия эффектов движения первого, второго и третьего порядка по траектории гипоциклоиды и показали зависимость направления воспринимаемого движения от того, в один или разные цвета окрашены движущиеся элементы.

В ряду симпозиумов, темы которых были предложены участниками конференции, необходимо отметить секцию [“Putting Vision into Context: a fresh look at contextual modulation”](#). На этом симпозиуме, организаторами которого стали М. Герцог (M. Herzog) и Ф. Киндом (F. Kingdom), важность контекстных модуляций была проиллюстрирована с использованием нейрофизиологического, клинического, поведенческого и модельного подхода.

Стеновые доклады, представленные на конференции, отличались широтой охвата тем — начиная с проблем мультисенсорной интеграции (D. Janković et al.,



Рисунок 2. Демонстрация эффекта Узнадзе. Фото А. Четверикова

Visualization of sounds: Crossmodal transfer of affective information), методических вопросов совместной регистрации движений глаз с ЭЭГ (A. Nikolaev et al., Co-registration of EEG and eye movements in vision research) или с корковой стимуляцией (O. Blazhenkova, A. Pasqualotto, Integrating brain-stimulation and eye-tracking to investigate the dissociation between object and spatial visual processing), и заканчивая прикладными исследованиями восприятия яркости в освещенном солнцем помещении (R. Tanaka et al., Brightness perception in daylight office with scene).

Непринужденность общения докладчиков со слушателями, возможность детального представления результатов и значительное время, выделенное организаторами на постерные доклады (участники могли представлять свои постеры в течение всего дня), способствовали оживленному обсуждению докладов и обмену новыми идеями.

В демонстрационной сессии «Ночь иллюзий» («Illusion Night») участники конференции в неформальной обстановке представляли новые иллюзии восприятия и другие зрительные эффекты. А. Китаока продемонстрировал зависимость иллюзии

Фрейзера–Уилкокса от освещенности и возраста наблюдателя (A. Kitaoka, Is age related to the color-dependent Fraser-Wilcox illusion?). Все желающие могли сделать фото на стуле Буше, нарушающем законы перспективы (P. Thompson, M. Sormaz, The Beuchet Chair), получить «тэтчеризованную» фотографию собственного лица (T. Andrews, A. Gouws, Thatcherise Your Face), увидеть сосуды на своей сетчатке (M. Hudák, J. Geier, Making our retinal blood vessels visible) или собственные саккады (P. April, Saccade Viewer (see your own saccades!)), а также сконструировать портативный спектрометр (C. Ripamonti, J. Thomassen, Make your own spectroradiometer). О. Данейко из Университета Милана-Бичочча знакомила коллег с классическими опытами Д. Н. Узнадзе и демонстрировала проявление установки на размер объекта (D. Zavagno, O. Daneyko, See what your hands feel: Measuring the Uznadze aftereffect).

Результаты конференции были подведены на деловом собрании. Были также объявлены победители конкурса стипендий на участие в ECVF среди студентов и аспирантов. Организаторы ECVP'2015, которая будет проходить в Ливерпуле, представили предварительную программу будущей конференции. В ходе голосования городом ECVF'2016 была единогласно одобрена Барселона, а на 2017 год поступила заявка от группы исследователей из Берлина.



Рисунок 3. Участники конференции позируют на «невозможном» стуле Буше. Фото А. Николаева

■ recent events in the field ■

XXXVII European Conference on Visual Perception

Olga Aleksandrovna Korolkova

Center for Experimental Psychology MSUPE, Moscow, Russia

Abstract. The annual European Conference on Visual Perception is one of the oldest in its field and is an important part of the schedule for researchers all over the world. In recent years, the number of participants from Russia has grown consistently. This report briefly summarizes the studies presented at the conference this year.

Correspondence: Olga Aleksandrovna Korolkova, olga.korolkova@gmail.com, 123390 Moscow, Shelepikhinskaya Quay, 2a, Center for Experimental Psychology MSUPE.

Keywords: perception, visual illusions, conference summary

Copyright © 2014. Olga Korolkova. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgements. Author thanks A. R. Nikolaev (Laboratory for Perceptual Dynamics, KU Leuven) for his valuable additions to this report.

Received 18 September 2014, accepted 24 September 2014.

■ научная жизнь

Шестая международная конференция по когнитивной науке

Мария Фаликман

Кафедра теоретической и прикладной лингвистики, филологический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Ольга Федорова

Кафедра теоретической и прикладной лингвистики, филологический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Анна Шварц

Факультет психологии, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В обзоре представлен рассказ об очередной международной конференции по когнитивной науке, проводимой раз в два года в разных городах России. Освещаются история конференции, основные проблемы и направления ее работы, устные и стендовые секции, а также междисциплинарные тематические воркшопы, которым был отведен заключительный день конференции.

Контактная информация: Мария Фаликман, maria.falikman@gmail.com, Отделение теоретической и прикладной лингвистики филологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, ГСП-1, Воробьевы горы, 119899 Москва, Россия.

Ключевые слова: когнитивная наука, междисциплинарные исследования, отчет о конференции.

© 2014 Мария Фаликман, Ольга Федорова, Анна Шварц. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Статья поступила в редакцию 15 сентября 2014 г. Принята в печать 26 сентября 2014 г.

23–27 июня 2014 года в г. Калининграде состоялась Шестая международная конференция по когнитивной науке. Конференция проводится каждые два года, первая конференция была организована в Казани в 2004 году, далее они проходили в Санкт-Петербурге, Москве, Томске, и вот уже второй раз встреча российских когнитивистов организуется на базе Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта в Калининграде.

В этом году в конференции приняли участие свыше 800 человек из более чем двадцати стран мира. Россия была представлена студентами, аспирантами и сотрудниками более 70 университетов и научно-исследовательских институтов из 32 городов, в числе которых — Москва, Санкт-Петербург, Ярославль, Томск, Новосибирск, Екатеринбург, Калуга, Самара, Нижний Новгород, Казань, Ростов-на-Дону. Помимо привычных устных секционных и стендовых докладов, в рамках конференции состоялась лекция прези-

дента Межрегиональной общественной организации «Ассоциация когнитивных исследований» (МАКИ) А. А. Кибрика, лекции приглашенных зарубежных ученых, а также впервые организованная Школа молодых ученых, где выступили с часовыми лекциями ведущие российские специалисты в области когнитивной психологии, лингвистики и нейронаук. В ходе школы, вызвавшей интерес отнюдь не только молодых ученых, но и большинства участников конференции, состоялись выступления Б. М. Величковского, Т. В. Черниговской, Ю. И. Александрова, К. В. Анохина и Д. А. Сахарова.¹

Андрей Александрович Кибрик (Институт языкознания РАН, МГУ имени М. В. Ломоносова), выполнявший обязанности президента МАКИ в течение двух лет с момента завершения предыдущей конференции,

¹ Записи президентской лекции, приглашенных лекций и Школы молодых ученых доступны в Интернете по адресу: <http://www.youtube.com/channel/UCA4kQV5HHxQxX7jSlKYdD1w>



Рисунок 1. А. А. Кибрик и Ю. И. Александров.
Фото Юлии Мазуровой

посвятил традиционную президентскую лекцию исследованиям языка и рассмотрению места лингвистики среди наук когнитивного спектра. Он выделил два класса феноменов языка, которые подробно проанализировал в ходе лекции: «онлайновые» феномены, связанные с процессами использования языка, и «оффлайновые» феномены, связанные с влиянием родного языка говорящего на другие сферы его познания (такие как пространственное познание, осуществление вычислительных операций и т. д.). В лекции были рассмотрены конкретные примеры обоих классов феноменов с привлечением как данных зарубежных работ (например, посвященных активно обсуждаемому в когнитивной науке последнего десятилетия SNARC-эффекту, связанному с пространственной репрезентацией числовых рядов и заключающемуся в более быстрой двигательной реакции на меньшие числа левой рукой и на большие числа — правой рукой), так и собственных исследований А. А. Кибрика. В качестве примеров «оффлайновых» феноменов он рассмотрел результаты своих исследований особенностей категоризации и пространственных глаголов в верхнекускоквимском языке, распространенном на Аляске. В качестве примеров «онлайновых» феноменов были рассмотрены факторы, определяющие референциальный выбор (выбор выражения для обозначения субъекта или объекта, о котором идет речь), и, в частности, роль рабочей памяти в выборе способа представления референта, а также схема анализа дискурса с выделением элементарных дискурсивных единиц.

С приглашенными лекциями в этом году выступили исследователи из Великобритании, США и Финляндии, работающие в разных областях когнитивной науки.

Сюзан Голдин-Медоу (Чикагский университет, США, председатель Общества когнитивной науки в 2013–2014 гг.) рассказала о цикле исследований ее лаборатории, посвященных роли жестов в мышлении. С. Голдин-Медоу доказывала, что жесты не только отражают процесс мышления и позволяют точнее уловить ход мыслей испытуемого или партнера по общению, но и меняют сам ход мышления, определяют, как и с какой скоростью будет решаться задача, подготавливают к усвоению нового метода решения.

На продемонстрированных в ходе лекции видеоматериалах можно было легко наблюдать феномен, называемый «неверное указание» (*mismatching*), когда испытуемый говорил одно, а показывал жестами совсем другое. При этом удивительно, что в большинстве случаев жесты отражали правильное решение еще до того, как оно было сознательно использовано в ходе вычислений.

Одна из линий исследований была направлена на выяснение функции жестов: ставился вопрос, являются ли они просто способом вернуться к опыту конкретных действий. Оказалось, испытуемые, которые, жестикулируя, рассказывали о решении задачи, смогли лучше решить следующую близкую по смыслу задачу, чем испытуемые, совершавшие при рассказе реальные действия с предметами. На основе этих данных С. Голдин-Медоу полагает, что жесты — это путь к абстрактному знанию. Причем полезны для обучения оказываются не только конкретные жесты, изображающие необходимые действия, но и просто указания, провоцирующие жестикуляцию в целом.

Родриго Кирога (Лестерский университет, Великобритания) в лекции «Концептуальные нейроны» рассказал об уникальных данных, полученных при регистрации возбуждения отдельных нейронов головного мозга человека, которая оказалась возможна в связи с необходимостью хирургического вмешательства для лечения эпилепсии.

Предъявляя испытуемым тысячи различных стимулов, Р. Кирога обнаружил, что в некоторых случаях удается подобрать стимул, который вызывает стойкую селективную реакцию у одной конкретной «прослушиваемой» нервной клетки. Это может быть фотография конкретного человека, места, определенного предмета. Однако самое интересное состоит в том, что одна клетка реагирует избирательно не на конкретный стимул, а на целое семейство стимулов, связанных в единый концепт. То есть аналогичная реакция клетки может быть зафиксирована в ответ на предъявление фотографии одного и того же человека с разных сторон, на напечатанное или даже произнесенное имя, и даже на более отдаленные ассоциации: например, ржание лошади может вызвать активацию клетки, которая прежде активировалась в ответ на предъявление изображения человека, занимающегося

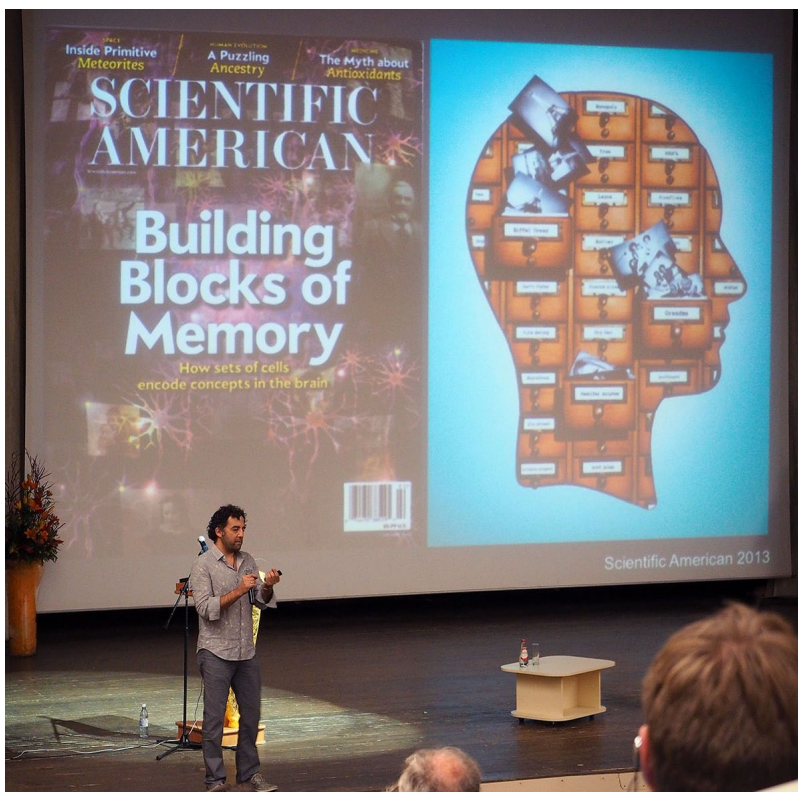


Рисунок 2. Родриго Кироба читает лекцию «Концептуальные нейроны». Фото Юлии Мазуровой

лошадьми. Можно вызвать реакцию того же самого нейрона и без какой-либо внешней стимуляции, просто попросив испытуемого вообразить этого человека.

Любопытно, что подобная селективная реакция нейронов возникает уже после первой встречи с человеком или его изображением, причем возникает сразу на все виды релевантной стимуляции: различные фотографии, имя. Более детальный анализ активности клеток при предъявлении стимулов на короткие и более длинные временные интервалы показывает, что селективная реакция нейрона возникает только в том случае, если испытуемый способен отчитаться о появлении стимула. Причем еще задолго до ответа наблюдается реакция депрессии фоновой активности, свидетельствующая о том, что нейрон уже «знает», что это «его» стимул, однако выжидает с ответом по той или иной причине. Р.Кироба полагает, что это подавление активности нейрона связано со сбором наиболее полной информации о стимуле, приходящей с разных модальностей в несколько различные моменты времени.

В заключение Р.Кироба выдвинул предположение, что описанные им нейроны гиппокампа ответственны за формирование эпизодической памяти, выстроенной в ассоциативные системы. Каждый нейрон представляет собой элемент сети, которая «отвечает» за целую систему опыта, за концепт, и, наоборот, каждая ситуация вызывает реакцию множества нейронов.

Приглашенная лекция японско-американского исследователя *Шинобу Китаэмы*, представлявшего Мичиганский университет (США), была посвящена обзору и анализу исследований в относительно новой области когнитивных исследований — так называемой «культурной нейронауке». Прежде всего речь шла о собственных исследованиях автора и его группы,

в которых анализировались нейрофизиологические и генетические корреляты особенностей восприятия и мышления, характерных для представителей западной («индивидуалистской», *independent*) и восточной («коллективистской», *interdependent*) культур. Исследования последних лет позволяют предположить, что характерная для индивидуалистских культур аналитичность и характерная для коллективистских культур холистичность познания, с одной стороны, обусловлены особенностями ведения хозяйства, характерными для места обитания представителей культуры (различия, связанные с холистичностью-аналитичностью познания, были выявлены в проведенном Ш.Китаэмой с коллегами широкомаштабном исследовании жителей регионов Китая, где выращиваются рис и пшеница), а с другой стороны, генетической предрасположенностью к усвоению культуры своего типа. Кроме того, культурно-обусловленные особенности обработки информации, согласно новейшим данным, находят отражение в электрической активности мозга — например, в компоненте *ERN* (error-related negativity, нега-

тивность, связанная с ошибкой) вызванных потенциалов мозга в задачах на внимание с вознаграждением в пользу самого испытуемого и в пользу его друга: если у представителей восточной культуры *ERN* в этих двух условиях не различаются, то у представителей западной культуры *ERN* в первом условии выражен намного сильнее. Доклад вызвал множество вопросов и комментариев слушателей, которые предлагали обсудить разные варианты ответа на вопрос о том, как соотносятся гены, мозг и культура.

Арто Мустайоки (Университет Хельсинки, Финляндия) в лекции «Коммуникативные неудачи через призму потребностей говорящего» показал, что кроме основной цели коммуникации — передачи адресату определенной информации, у говорящего время от времени возникают и другие потребности, которые могут оказывать влияние на манеру употребления им языка. В частности, если человек говорит всегда одинаково, используя одни и те же выражения речи, то он может сэкономить много вербальных ресурсов. Данная стратегия, однако, часто приводит к недопониманию со стороны слушающего.

С другой стороны, иногда говорящий может употреблять слишком сложные для восприятия слова и выражения только для того, чтобы показать свою языковую компетентность, что также не лучшим образом сказывается на процессе общения.

Наконец, излишняя вежливость также может мешать говорящему подбирать правильные слова, что делает его просьбы или советы слишком завуалированными, чтобы быть адекватно понятыми собеседниками.

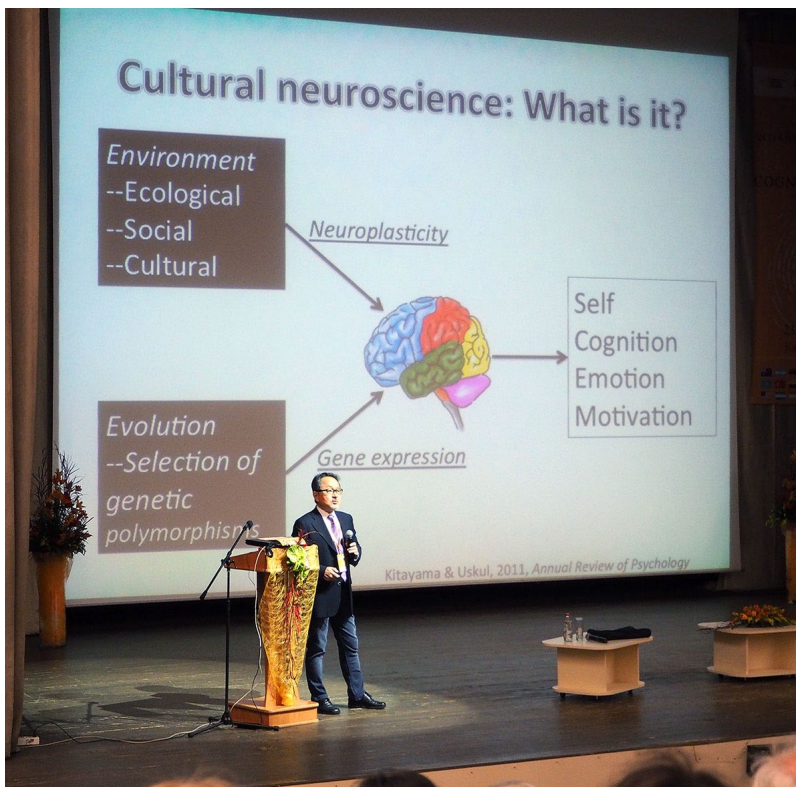


Рисунок 3. Шинобу Китаяма читает лекцию «Нейронаука культуры: соединяя культуру, мозг и гены». Фото Юлии Мазуровой

Кроме того, риск коммуникативной неудачи повышается в тех случаях, когда говорящий испытывает те или иные сильные эмоции по отношению к адресату, тем самым теряя часть своей языковой компетенции.

Помимо традиционной президентской лекции и приглашенных лекций, в рамках конференции было проведено 14 устных и три стендовые секции. Устные доклады были сгруппированы в секции по предметному принципу. В числе секций были заседания, посвященные исследованиям восприятия и внимания, памяти и научения, мышления и решения задач, интеллекта и творчества, эмоциональной регуляции познания, коммуникации, а также нейродинамике когнитивных процессов, их моделированию, кросскультурным исследованиям познания и др. Кроме того, ряд заседаний был посвящен методологии когнитивных исследований: в частности, затрагивались философские, психологические и лингвистические аспекты этих исследований, обсуждалась возможность использования методов нейронауки в решении проблем психологии и лингвистики, а также приводились примеры их успешного применения (например, в докладе Р.М. Власовой и Т.В. Ахутиной с коллегами на секции «История и теория когнитивной науки: лингвистические аспекты»). В рамках секции «Интеллект и творчество» дополняли друг друга доклады, посвященные творческим способностям (Д.Б. Богоявленская) и решению творческих задач человеком (В.Ф. Спиридонов, И.Ю. Владимиров), с одной стороны, и обсуждение интеллектуальных способностей животных (доклады К.А. Никольской и И.И. Полетаевой), с другой. Секция «Восприятие и внимание» продемонстрировала глубокое проникновение методов нейрофизиологического исследования

(ЭЭГ, МЭГ, фМРТ) в изучение механизмов познания. На секции «Научение и память» обсуждались как общие принципы работы структуры и динамики памяти человека и животных (доклад Ю.И. Александрова), так и конкретные эмпирические исследования различных форм памяти с использованием психологических методик (доклады В.В. Нурковой, Е.А. Валуевой) и методов регистрации активности мозга (ЭЭГ и МЭГ). Собственно нейрофизиологические исследования были собраны на секции «Нейродинамика когнитивных процессов», где анализ разворачивался на самых разных уровнях, вплоть до уровня отдельного нейрона (доклад А.С. Ратушняка) и экспрессии гена *c-Fos* при формировании следов памяти (доклад О.Е. Сварник).

На стендовых секциях был представлен широкий спектр докладов по разным проблемам когнитивных исследований. В их числе — исследования в области лингвистики, нарратива, психологических механизмов и мозговых коррелятов речи и познавательных процессов (зрительного восприятия, внимания, рабочей памяти, категоризации, решения мыслительных задач) в норме и на клиническом материале, у человека и у животных. Познание анализировалось на самых разных уровнях: начиная от его нейрохимических и молекулярных механизмов и заканчивая социальными и эмоциональными факторами. В соответствии с решением программного комитета конференции совместно с Обществом когнитивной науки по итогам работы стендовых секций был выбран лучший доклад, представленный молодым ученым. Награды удостоился доклад А.В. Кедрова (МФТИ, Москва) в соавторстве с К.В. Анохиным (НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина РАН и НИЦ «Курчатовский институт», Москва) «Модель единичного когнитивного эпизода для изучения клеточных основ формирования долговременной обонятельной памяти».

Программу завершающего дня конференции составили пять параллельных воркшопов, на которых обсуждались как пограничные, так и центральные проблемы когнитивных исследований: «Зрелость человека: результат развития или само развитие?», «Особенности развития детей, живущих в би- и полилингвальной среде», «Концептуальные структуры как основа ментальных ресурсов: междисциплинарный подход», «Принятие решений» и «Языковая коммуникация: норма, усвоение, патология».

В рамках первого из воркшопов, работой которого руководили Е.А. Сергиенко (Институт психологии РАН) и А.Н. Поддьяков (НИУ ВШЭ), обсуждались преимущественно психологические и методологические аспекты проблемы развития и достижения зрелости, как когнитивной, так и личностной. Анализировалась сама категория зрелости, критерии зрелой личности, особенности ее поведения. Кроме того, на воркшопе был представлен доклад из области нейронаук,



Рисунок 4. Арто Мустайоки читает лекцию «Коммуникативные неудачи через призму потребностей говорящего». Фото Юлии Мазуровой

посвященный развитию познавательной деятельности дошкольников и младших школьников в связи с созреванием префронтальной коры головного мозга (Р.И. Мачинская).

Второй воркшоп под руководством Т.В. Черниговской (СПбГУ) и М.М. Безруких (Институт возрастной физиологии РАО), в работе которого участвовали представители разных стран (Германии, Норвегии, Голландии, Дании и др.), строился вокруг актуальной для эпохи глобализации проблемы билингвизма и ряда смежных проблем, связанных с когнитивным развитием детей, растущих в билингвальной среде, с интеграцией таких детей в образовательные программы и т. п.

На воркшопе по принятию решения, работа в рамках которого велась под руководством Ю.Е. Шелепина (Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург) и С.А. Маничева (Санкт-Петербургский университет), обсуждались доклады, затрагивающие самые разные познавательные процессы, в которых может быть востребован механизм принятия решения, начиная от обнаружения сенсорных стимулов (доклад И.Г. Скотниковой), зрительного восприятия (доклады Е.В. Логуновой, М.Б. Кувалдиной и др.) и имплицитного научения (доклады Н.В. Моршкиной, И.И. Иванчя) и заканчивая формированием ложных воспоминаний (доклад В.А. Гершкович) и принятием организационных решений (доклад С.А. Маничева). Обсуждение носило междисциплинарный характер, но разворачивалось преимущественно на стыке психологии и нейронауки.

Основная идея воркшопа «Языковая коммуникация: норма, усвоение, патология» (рук. О.В. Федорова, МГУ имени М.В. Ломоносова) состояла в объединении

усилий исследователей, занимающихся изучением различных аспектов языковой коммуникации, в первую очередь связанных с устной речью. Тематика воркшопа включала, с одной стороны, описание устной речи в группе «нормы» (доклады А.Мустайоки, Ю.О. Нигматулиной, О.В. Раевой); с другой стороны, в рамках воркшопа обсуждались вопросы усвоения коммуникативных навыков детьми на разных стадиях онтогенеза (доклады В.К. Прокопени, В.В. Казаковской, П.М. Эйсмонт). Наконец, третьим важным аспектом воркшопа стало описание языковых особенностей, возникающих при различного рода патологиях — а именно афазии, то есть системном нарушении уже сформировавшейся речи, возникающем при органических повреждениях мозга (доклад Ю.Акининой с соавторами), и дислексии, то есть избирательной неспособности овладеть навыком чтения, несмотря на достаточный для этого уровень интеллектуального и речевого развития (доклад И.Балчюниене и А.Н. Корнева).

Наконец, в программе заключительного дня конференции был воркшоп, посвященный исследованию концептуальных структур как основы ментальных ресурсов. Ведущие воркшопа, М.А. Холодная и Е.В. Волкова (Институт психологии РАН, Москва), открыли заседание своими докладами, в которых сразу представили концептуальные структуры относящиеся, с одной стороны, к универсальным психическим механизмам, затрагивающим нейрофизиологический уровень, а с другой стороны, отвечающими за формирование узкоспециального знания.

Воркшоп характеризовался широким спектром методов исследования: от рисуночных заданий на изображение понятий (в докладах Я.А. Лядовой, К.С. Михальченко) до анализа данных ЭЭГ (в докладе О.В. Щербаковой, И.А. Горбунова и др.). Обсуждались вопросы, связанные с ментальными ресурсами в совладающем поведении (С.А. Хазова), организацией естественных (Е.В. Волкова) и искусственных (Т.А. Ребеко) понятийных систем, когнитивными привычками (М.В. Осорина), вопросы экспертного знания (О.В. Щербакова, Д.Н. Макарова) и др.

Как обычно, в рамках конференции было проведено собрание Межрегиональной ассоциации когнитивных исследований, посвященное обсуждению деятельности ассоциации и выборам нового президента. Очередным президентом ассоциации, основной обязанностью которого является подготовка следующей конференции, стал Константин Владимирович Анохин.

К началу конференции был выпущен сборник тезисов (Шестая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. Калининград, 23–27 июня 2014 г. Калининград, 2014. 752 с.). Электронная версия сборника [доступна на сайте конференции](http://www.cogjournal.ru).

■ recent events in the field ■

6th International Conference on Cognitive Science in Kaliningrad, Russia

Maria Falikman

Department of Theoretical and Applied Linguistics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Olga Fedorova

Department of Theoretical and Applied Linguistics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Anna Shvarts

Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The present review covers the latest in a series of the International Conference on Cognitive Science that is held biannually in different Russian cities. The paper highlights the history of the conference, the main topics which were the focus of oral and poster sessions, and interdisciplinary workshops which took place on the last day of the conference.

Correspondence: Maria Falikman, maria.falikman@gmail.com, Department of Theoretical and Applied Linguistics, Lomonosov Moscow State University, 119899, GSP-1, Vorobëvy Gory, Moscow, Russia.

Keywords: cognitive science, interdisciplinary research, conference summary

Copyright © 2014. Maria Falikman, Olga Fedorova, Anna Shvarts. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Received 15 September 2014, accepted 26 September 2014.