

*Бондаренко Нина А. 2013. Изучение возможности формирования целенаправленного поведения у крыс с «одной пробы» в тесте «Экстраполяционное избавление». // Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы / Под ред. А.Н. Харитонова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. с. 122-130.*

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ У КРЫС «С ОДНОЙ ПРОБЫ» В ТЕСТЕ «ЭКСТРАПОЛЯЦИОННОЕ ИЗБАВЛЕНИЕ»**

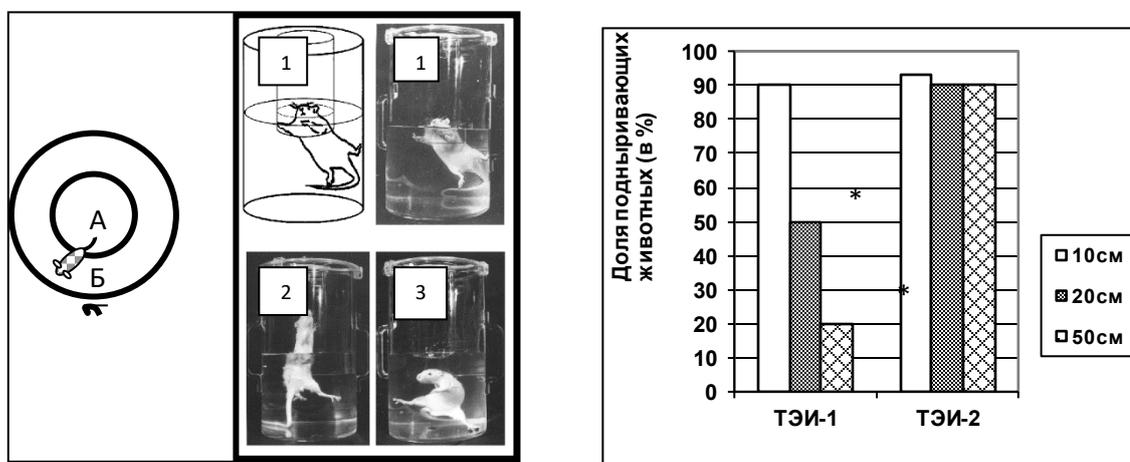
Н.А. Бондаренко

Сравнительное изучение поведения животных разных видов, животных и человека, детей и взрослых, специалистов и неспециалистов показало, что в основе внешне сходных форм поведения могут лежать неодинаковые психические механизмы ([Butler D.](#), 2008). В связи с этим в качестве теоретической базы для сравнительного изучения поведения человека и животных была предложена концепция «эндофенотипа», то есть единства нейрофизиологических, биохимических, эндокринных, нейроанатомических и нейропсихологических механизмов той или формы поведения. Это позволило использовать поведение животных при моделировании отдельных форм психопатологии человека в рамках «трансляционных» исследований, проводимых по принципу «от мыши к человеку и обратно». Валидность подобных моделей определяется их прогностическими свойствами, определяемыми степенью сходства эндофенотипов ([Belzung C. and Lemoine M.](#), 2011). Существенным препятствием для моделирования механизмов целенаправленного поведения человека на животных является то, что целенаправленное поведение человека как правило формируется «с 1 пробы», а для его описания используются термины «сознательное», «произвольное», «эксплицитное», «контролируемое» и т.п. ([Redgrave P. e.a.](#), 2010; [Миронов В.В.](#), 2005). В настоящее время в трансляционных исследованиях термин «целенаправленное поведение» понимается более широко и применяется к любому поведению человека или животных, которое регулируется своим результатом по принципу обратной связи ([de Wit S. and Dickinson A.](#), 2009; [К. В. Судаков К. В.](#), 2011), Для индукции такого поведения у человека и животных чаще всего используют методику оперантного обучения ([Gillan C. M. e.a.](#), 2011; [de Wit S. and Dickinson A.](#), 2009). Однако, стремление к повышению валидности поведенческих моделей делает актуальным поиск условий, в которых целенаправленное поведение животных формируется так же быстро, как и у человека.

Хорошо известно, что в умеренном климате дикие крысы населяют берега рек и озер, но при попадании в воду быстро гибнут от переохлаждения ([Abel E.L.](#), 1993). Поскольку берега естественных водоемов весьма разнообразны (песчаные пляжи, камни, коряги и трава), и к тому же часто меняют свои очертания в зависимости от уровня воды, то для спасения из воды животным необходимо проявлять значительную гибкость реакций, которую, теоретически, могут обеспечить

механизмы экстренного обучения. Исходя из этого, для выявления возможности обучения крыс «с 1 пробы» мы использовали тест «Экстраполяционное избавление» (ТЭИ) (Бондаренко Ник. А, 1982), моделирующий одну из возможных ситуаций, возникающих при попадании крысы в воду.

Автор обнаружил, что подавляющее большинство крыс, помещаемых внутрь узкого, высокого цилиндра, нижним концом погруженного в воду, подныривают под его нижним краем и выходят во внешнее пространство. Альтернативой поведению подныриванию в ТЭИ являются безрезультатные попытки животного выпрыгнуть из цилиндра вверх или вскарабкаться по его стенкам (рис. 1). В ходе дальнейших исследований было показано, что неинстинктивное поведение подныривание в ТЭИ возникает при высоте столба воды не менее 15 см, а необходимая для совершения подныривания моторная координация сохраняется у крыс даже после 4-минутного пребывания в воде. (Нина. А. Бондаренко, 2012).



**Рис. 1.** Тест экстраполяционного избавления (ТЭИ): А –цилиндр; Б – внешнее пространство; 1- исходное положение животного; 2-попытка животного выпрыгнуть из цилиндра; 3 – подныривание под нижним краем цилиндра.

**Рис. 2.** Подныривание в ТЭИ с цилиндрами разного диаметра \* $P < 0.05$  к ТЭИ-1 с цилиндром диаметром 10см ;

Учитывая общие закономерности оперантного обучения, мы ожидали, что:

1. В условиях, когда непосредственно вслед за подныриванием животное вынимают из воды (имитация спасения), крысы будут оптимизировать поведение подныривания при повторном помещении в ТЭИ. В этих условиях также можно ожидать генерализации поведения подныривания. Отсутствие спасения сразу после подныривания должно приводить к угашению способности к подныриванию при повторном помещении в ТЭИ.

2. Увеличении временного интервала между подныриванием и спасением будет эквивалентно задержке подкрепления и ухудшит способность крыс к подныриванию при повторном помещении в ТЭИ.

### ***Материалы и методы исследования.***

1. Исследования проводили на белых беспородных крысах-самцах массой 230-250г. Животные содержались в условиях вивария по 10 особей в клетке, при температуре воздуха 18°C и свободном доступе к пище и воде.

2. Для оценки поведения крыс в тесте «Экстраполяционное избавления» использовали стандартную установку «Экстраполяционное избавление» (НПК «Открытая Наука», Москва, Россия). Животных опускали (хвостом вперед) внутрь цилиндра, диаметром 10см., нижним концом погруженного в воду (24°C) на глубину 2 см. Высота столба воды в установке составляла 25см. Максимальная длительность экспозиции животного к ТЭИ - 2 мин. Животных, не совершивших подныривания за этот период, вынимали из установки и исключали из дальнейших экспериментов. Во время эксперимента у каждого животного регистрировали латентный период подныривания (сек) и число попыток выпрыгнуть из цилиндра. После окончания эксперимента подсчитывали процент поднырывающих животных в группе

3. ТЭИ-мини. Использовали установку ТЭИ (см. выше), где высота столба воды составляла 7 см. В отличие от ТЭИ, крысы в ТЭИ-мини не проявляют способность к подныриванию (Нина. А. Бондаренко, 2012). Данная установка имитирует у них стресс от охлаждения и тактильного воздействия воды на кожу.

4. Модифицированная установка ТЭИ позволяла использовать цилиндры разного диаметра (10, 30 и 50 см.) (НПК «Открытая Наука», Москва, Россия).

### ***Процедуры экспериментов***

1. *Роль спасения из воды в сохранении животными способности к подныриванию при повторном помещении в ТЭИ.* Крыс опытной группы помещали в воду и сразу же (с интервалом не более 1 сек) накрывали цилиндром (ТЭИ-1). После подныривания и выхода животного во внешнее пространство, цилиндр убирали, на 5 минут переводя животное в режим неизбежного плавания (НП). По истечении этого периода крысу сверху опять накрывали цилиндром, имитируя попадание в ТЭИ-2 Животных группы «контроль-1» помещали в широкую емкость с водой (режим НП) на 5 минут. По истечении этого времени их также накрывали цилиндром, имитируя попадание в ТЭИ-1.

2. *Изучения влияния отставленного подкрепления на обучение крыс поведению подныривания.* Крыс опытной группы помещали в установку ТЭИ, где они совершали подныривание. Дождавшись выхода животного во внешнее пространство, экспериментатор убирал

цилиндр, на 5 мин переводя животных в режим НП. Эта часть эксперимента имитировала ожидание животным спасения. Затем крыс извлекали из воды, вытирали и возвращали в жилую клетку (процедура спасения из воды). Спустя 15 мин крыс вынимали из клетки и вновь помещали в установку ТЭИ. В качестве контроля использовали крыс, экспонированных к НП без предварительного помещения в ТЭИ.

3. *Выявление генерализации поведения подныривания у крыс в ТЭИ-2.* Для выявления эффекта генерализации, животных опытной группы помещали в ТЭИ-1, используя цилиндр, диаметром 10см. После подныривания животных спасали, а спустя 15 минут рандомизированно делили на группы (по 10 особей) и помещали в модифицированные установки ТЭИ с цилиндрами разного диаметра (10 см, 30 см и 50 см.). Контрольных животных соответствующих подгрупп вместо ТЭИ-1 на 2 минуты экспонировали к НП (контроль-1) или к ТЭИ-мини (контроль-2).

4. *Обучение крыс подныриванию в ТЭИ при наличии положительного подкрепления..*

В эксперименте участвовало 15 экспериментальных и 10 контрольных животных. Для обучения животных подныриванию использовали 5-кратную экспозицию к ТЭИ. Сразу же после завершения подныривания животных спасали, но через 15 минут вновь помещали в ТЭИ. Данную процедуру повторяли 5 раз. Животных контрольной группы 5-кратно (с интервалом 15 мин.) на 2 минуты помещали в ТЭИ-мини.

5. Статистическую обработку данных проводили с применением критериев Фишера и Манна-Уитни. Данные на графиках представлены в виде медиан.

### ***Результаты исследования***

Во всех экспериментах экспозиция животных к ТЭИ-мини не приводила к возникновению у них поведения подныривания и не изменяла последующего поведения в ТЭИ по сравнению с интактными животными.

При экспозиции к НП у всех животных возникало специфическое поведение иммобильности, являющееся показателем снижения у них мотивации избавления ([Costa A.P.](#), [Vieira C.](#) e.a. 2013). Длительность иммобильности у контрольных и опытных животных достоверно не различалась. Во всех экспериментах накрывание цилиндром крыс, плавающих в установке НП, не оказывало достоверного влияния на величину длительности иммобильности, независимо от того, подныривали животные в цилиндре или нет.

Накрывание крыс цилиндром после 1-секундной экспозиции к НП не оказывало какого-либо влияния на их способность к подныриванию в этом цилиндре. Но уже 5-минутная экспозиция к НП вызывала у них отказ от подныривания, как при накрывании их цилиндром в конце экспозиции к

НП, так и при помещении в ТЭИ после спасения из воды. Аналогичная 5-минутная экспозиция крыс к НП, возникающая в режиме задержки подкрепления (то есть уже после совершения животными подныривания в ТЭИ) не ухудшала способность крыс к подныриванию при повторном (после спасения) помещении их в ТЭИ. В то же время, в конце экспозиции к НП эти животные, так же, как и крысы, не имевшие предварительного опыта подныривания, отказывались подныривать в ТЭИ.

Крысы, совершившие однократное подныривание в ТЭИ и затем оставленные плавать в НП, начинали совершать там попытки подныривания. Однако, эти попытки прекращались при повторном накрывании животных цилиндром (имитация ТЭИ-2). У крыс, помещенных в ТЭИ-2 после спасения в ТЭИ-1, наоборот, наблюдалось облегчение подныривания в цилиндрах разного диаметра (Рис. 2).

Неоднократные (с 15-минутным интервалом) экспозиции крыс к ТЭИ, сопровождающиеся спасением животных из воды сразу же после подныривания, способствовали оптимизации поведения подныривания по показателям «число прыжков» и «величина латентного периода подныривания», характеризующих точность и скорость реакции животного. (рис. 3, 4). Контрольные животные, пятикратно экспонированные к НП (на 2 минуты) не приобретали в ходе эксперимента способности к подныриванию.

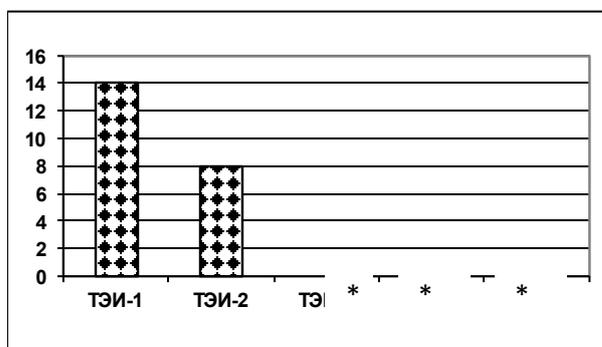


Рис. 3. Динамика показателя «число прыжков» у крыс, при обучении подныриванию в ТЭИ

\* -  $P < 0.05$  к ТЭИ-1

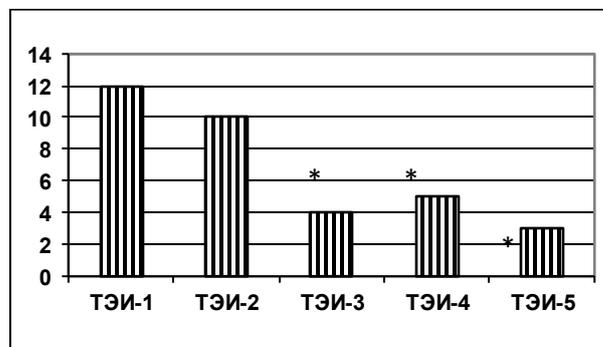


Рис. 4. Динамика показателя «латентный период подныривания» у крыс при обучении подныриванию в ТЭИ

\* -  $P < 0.05$  к ТЭИ-1

### Заключение

Проведенные исследования показали, что при повторных экспозициях крыс к ТЭИ, спасение из воды играет роль, аналогичную положительному подкреплению при оперантном обучении,

способствуя повышению скорости и точности реакции и облегчая крысам индукцию поведения подныривания в ТЭИ с цилиндрами большого диаметра (эффект генерализации).

Попытки подныривания в НП (емкости с водой диаметром 50см) у крыс, предварительно экспонированных к ТЭИ, нельзя считать проявлением генерализации поведения подныривания, поскольку у таких животных одновременно пропадает способность к подныриванию в стандартных условиях ТЭИ (цилиндр диаметром 10 см).

Полученные данные позволяют предположить, что фактор спасения из воды обеспечивает экстренное («с 1 пробы») формирование у крыс целенаправленного поведения подныривания в ТЭИ. При этом становится возможной следующая последовательность событий: **попадание крысы в воду внутри узкого цилиндра – подныривание – выход в широкую емкость с водой – ожидание спасения (при этом наблюдаются плавание, прыжки, карабкание на стенки, попытки подныривания, иммобильность) – спасение из воды – повторное попадание в воду – подныривание (независимо от диаметра цилиндра)**. Крысы, не совершавшие подныривания, демонстрируют иную последовательность событий: **попадание в воду – плавание, прыжки, карабкание на стенки, иммобильность – спасение из воды – повторное попадание в воду – плавание, прыжки, карабкание на стенки, иммобильность**. Таким образом, однократное подкрепление впервые возникшего поведения подныривания значительно расширяет адаптивные возможности животного.

Механизм формирования целенаправленного поведения подныривания, по-видимому, не идентичен механизму оперантного обучения и требует дальнейшего изучения.

### **Литература**

1. Бондаренко Николай. А. 1982. Изучение стресс-протективного действия психотропных средств и нейропептидов в зависимости от индивидуальной реактивности животных. / Бондаренко Николай. А. // Дис. на соиск. учен. степ. к. биол. н.
2. Бондаренко Нина.А. 2012. /Реакции-двойники в поведении крыс. / Бондаренко Нина.А. // Всероссийская конференция по поведению животных. сборник тезисов. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012.
3. Миронов В.В. Философия: Учебник для вузов / Под общ. ред. В. В. Миронова. – М.: Норма, 2005. – 928 с.
4. Судаков К. В. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В НАУЧНОЙ ШКОЛЕ П. К. АНОХИНА / Судаков К. В //Электронное периодическое издание «Вестник Международной академии наук. Русская секция», 2011, No1

5. [Abel EL](#) Physiological correlates of the forced swim test in rats. [Physiol Behav.](#) 1993 Aug;54(2):309-17.
6. Belzung C. and Lemoine M., Criteria of validity for animal models of psychiatric disorders: focus on anxiety disorders and depression. *Biol Mood Anxiety Disord.* 2011; 1: 9. doi: 10.1186/2045-5380-1-9 PMID: PMC3384226
7. [Butler D.](#) Translational research: crossing the valley of death. [Nature.](#) 2008 Jun12;453(7197):840-2. doi: 10.1038/453840a.PMID:18548043
8. [Costa AP](#), [Gillan](#) C. M. e.a., Disruption in the Balance Between Goal-Directed Behavior and Habit Learning in Obsessive-Compulsive Disorder *Am J Psychiatry.* 2011 July; 168(7): 718–726. doi: [10.1176/appi.ajp.2011.10071062](#) PMID: PMC3533260
9. [Costa A.P.](#), [Vieira C.](#) e.a. A proposal for refining the forced swim test in Swiss mice. [Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.](#) 2013 May 9. pii: S0278-5846(13)00088-2. doi: 10.1016/j.pnpbp.2013.05.002. [Epub ahead of print]
10. [Redgrave P.](#) e.a. Goal-directed and habitual control in the basal ganglia: implications for Parkinson's disease. *Nat Rev Neurosci.* 2010 November; 11(11): 760–772. doi: [10.1038/nrn2915](#) PMID: PMC3124757
11. [de Wit](#) S. and [Dickinson](#) A. Associative theories of goal-directed behaviour: a case for animal–human translational models *Psychol Res.* 2009 July; 73(4): 463–476. doi: [10.1007/s00426-009-0230-6](#) PMID: PMC2694930