

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования

«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В. П. Астафьева»  
(КГПУ им. В.П.Астафьева)

Факультет биологии, географии и химии  
Кафедра биологии, химии и экологии

Молот Валентина Евгеньевна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ ПО ФИЗИОЛОГИИ ПОВЕДЕНИЯ  
ЖИВОТНЫХ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОСНОВНОЙ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Направление подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя  
профилями подготовки)

Направленность (профиль) образовательной программы: География и биология

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой:

д.б.н, профессор Е.М. Антипова

26.05.2021 Е.М. Антипова  
(дата, подпись)

Руководитель:

к.б.н, доцент Е.И. Елсукова

26.05.2021 Е.И. Елсукова  
(дата, подпись)

Дата защиты: «28» июня 2021 г.

Обучающийся: В.Е. Молот

26.05.2021 В.Е. Молот  
(дата, подпись)

Оценка \_\_\_\_\_  
(прописью)

Красноярск 2021

## Содержание

Содержание.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	5
1.1. Исторический обзор исследований поведения животных.....	5
1.2. Современная нейрофизиологическая модель исследовательского поведения .....	13
1.3. Исследовательское поведение и тревожность в когнитивном комплексе высших животных и человека. Нарушения при метаболическом синдроме и старении.....	13
1.4. Методы оценки ориентировочно-исследовательского и тревожного поведения в эксперименте.....	17
1.4.1. Метод «Крестообразного лабиринта».....	20
1.4.2. Метод «Открытого поля».....	22
ГЛАВА 2. Предварительные результаты исследования ориентировочно исследовательского и тревожного поведения лабораторных мышей ICR в лаборатории биохимии и физиологии .....	26
2.1. Объект и методы исследования.....	26
2.1.1. Характеристика обследованных животных .....	26
2.1.2. Соматометрические исследования .....	26
2.1.3. Методы оценки поведения животных.....	27
2.1.4. Статистический анализ.....	28
2.2. Соматометрические и поведенческие показатели молодых и старых мышей .....	28
ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ .....	32
3.1. Основные принципы исследовательского проекта и его структура.....	32
3.2. Разработка мастер-классов для учащихся.....	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	47
Приложение А .....	53
Приложение Б.....	54

## ВВЕДЕНИЕ

В стандартах общего образования нового поколения в качестве одного из основополагающих подходов к обучению декларируется системно-деятельностный подход, нацеленный на развитие личности. Обучение должно быть организовано так, чтобы целенаправленно вести за собой развитие, а проектная научно-исследовательская деятельность является средством реализации системно-деятельностного подхода.

Выбор исследовательских проектов всегда должен быть у школьников, так как он дает дополнительную теоретическую и практическую основу для будущих начинаний. Особый интерес у школьников вызывают вопросы, связанные с изучением функционирования организма человека, в том числе с использованием модельных лабораторных животных [23]. У обучающихся старших классов возрастает интерес к нейрофизиологии поведения и когнитивных функций.

Хотя вопрос об оснащении российских школ современным учебным оборудованием в последние годы неоднократно рассматривался министерством просвещения, возможности многих школ остаются крайне ограниченными для реализации экспериментальных исследовательских работ обучающихся. Методы экспериментального тестирования разных форм поведения модельных лабораторных животных основаны на использовании простых установок, которые могут быть изготовлены самими учениками, учителем или родителями. Установки «Открытого поля» и «Крестообразного лабиринта» по разнообразным параметрам двигательной активности и вегетативных функций в течение краткосрочного тестирования животных позволяют составить представление и количественно оценить разные стороны ориентировочно-исследовательского поведения и тревожности.

Тематику исследований, в которых оценивают тревожность и элементы исследовательского поведения можно разделить на несколько направлений: 1) выяснение индивидуальной изменчивости, межлинейных, популяционных, видовых особенностей этих реакций; 2) возрастные особенности, становление в

онтогенезе поведенческих реакций; 3) негативное влияние на процессы высшей нервной деятельности табачного дыма, алкоголя, токсических агентов или, наоборот, позитивное влияние витаминных препаратов, препаратов на основе лекарственных растений, различных нутрицевтиков, БАДов. Таким образом, несложные тесты и экспериментальные установки позволяют наряду с общей физиологии высшей нервной деятельности ставить ученикам и решать задачи по изучению экологической и возрастной физиологии животных.

Цель работы разработка исследовательских проектов для школьников по теме «Физиология поведения животных».

Задачи работы:

1. Подготовить аналитический обзор по современным проблемам и методам физиологии поведения.
2. Освоить методы тестирования двигательного, ориентировочно-исследовательского поведения и тревожность лабораторных мышей.
3. Разработать научно-исследовательские работы по физиологии поведения с использованием освоенных методов.
4. Апробировать разработанные проекты с участием учащихся 8 класса и студентов младших курсов.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Исторический обзор исследований поведения животных

Поведение — это сложный комплекс реакций животного на окружающую среду, проявляющихся в активном взаимодействии с объектами среды [50]. Поведение носит адаптивный характер [46], поведение, как и функционирование висцеральных систем носит многоуровневый характер, через поведение осуществляется связь организменного и популяционного уровней жизни [44].

Хотя все животные должны функционировать в рамках основных физических и химических ограничений, существует множество механизмов и процессов, с помощью которых существуют разные животные. Сравнительный подход к физиологии животных подчеркивает основные принципы работы и раскрывает различные решения различных экологических проблем [24]. Она может выявить аналогичные решения общих проблем или модификаций конкретной физиологической системы для функционирования в различных условиях. Изучение поведения и физиологии животных идет рука об руку с изучением функциональных механизмов, регулирующих поведение.

Изучение поведения животных начинается с понимания того, как физиология и анатомия животного взаимосвязаны с его поведением. И внешние, и внутренние стимулы побуждают к поведению. Внешняя информация в виде угрозы от других животных, звуков, запахов или погоды и внутренняя информация в виде голода и страха [50].

Понимание того, как гены и окружающая среда объединяются, чтобы формировать поведение животных, также является важной основой этой области. Гены фиксируют эволюционные реакции предшествующих популяций на отбор по поведению. Гибкость окружающей среды дает животным возможность приспособливаться к изменениям в течение жизни [18].

Ученых привлекает изучение поведения животных по самым разным причинам, и эта область чрезвычайно широка: от исследований пищевого

поведения и выбора среды обитания до брачного поведения и социальных организаций. Многие ученые изучают поведение животных, потому что оно связано с людьми [4]. Например, исследования приматов продолжают предлагать ценные взгляды на причины и эволюцию индивидуальных, социальных и репродуктивных человеческих структур. Например, понимание того, почему одни животные помогают другим за счет собственного выживания и воспроизводства, не только дает нам представление об их поведении, но также потенциально может помочь нам понять основы представлений нашего вида об альтруизме и самопожертвовании [31].

Многие проблемы в человеческом обществе часто связаны с взаимодействием окружающей среды и поведения или генетики и поведения. Области социозологии и поведения животных имеют дело с проблемой поведенческих взаимодействий окружающей среды как на эволюционном, так и на ближайшем уровнях [40]. Социологи все чаще обращаются к поведению животных как к структуре, в рамках которой можно интерпретировать человеческое общество и понять возможные причины социальных проблем. К примеру, книга Дейли и Уилсона об убийствах людей основана на эволюционном анализе исследований на животных. Многие исследования жестокого обращения с детьми используют теорию и данные исследований детоубийства на животных [41].

Изучение поведения животных имеет долгую историю, насчитывающую более 2000 лет. Однако лабораторные исследования поведения стали популярными в двадцатом веке с ростом бихевиоризма, когда в исследованиях использовались животные модели, чтобы лучше понять человеческие процессы обучения и памяти, а также сравнительные способности животных.

Лишение пищи часто использовалось как метод мотивации лабораторных животных к «работоспособности» и до сих пор часто используется в исследованиях поведения. Например, ранние исследования Торндайка в 1898 г. лишали кошек еды и заключали их в «коробку-головоломку», из которой им приходилось решать, как

выбраться за пищевое вознаграждение. В 1920-х годах Павлов использовал собак, чтобы продемонстрировать принципы классической обусловленности: собаку удерживали и изолировали в комнате для использования в серии испытаний, где еда была представлена нейтральным событием (например, миганием света), так что можно было зафиксировать их. Ящик Скиннера, который до сих пор используется сегодня и разработан в 1920-х годах Скиннером, ограничивает частично лишенных пищи животных внутри коробки с устройством, которым они должны управлять, чтобы получить награду в виде еды. Иногда животным также давали амфетамины, чтобы оценить влияние на их поведение в этих условиях. В лабораторных исследованиях животные также использовались для моделирования других аспектов человеческого поведения

Исследования де Ваала на шимпанзе и обезьянах продемонстрировали важность сотрудничества и примирения в социальных группах. Эта работа открывает новые перспективы, с помощью которых можно увидеть и уменьшить агрессивное поведение среди людей [26].

Методология, применяемая для изучения поведения животных, оказала огромное влияние на психологию и социальные науки. Жан Пиаже начал свою карьеру с изучения улиток и распространил использование тщательных поведенческих наблюдений и описаний на свои эпохальные исследования когнитивного развития человека. Дж. Б. Уотсон начал свое исследование поведения с наблюдения за чайками [26].

Аспекты экспериментального плана, методы наблюдения, внимание к невербальным коммуникативным сигналам часто разрабатывались в исследованиях поведения животных до их применения в исследованиях человеческого поведения. Поведенческие исследования людей были бы намного меньше сегодня без исследований на животных [30].

Работа Чарльза Дарвина о выражении эмоций у животных оказала большое влияние на многих психологов, таких как Пол Экман, изучающих эмоциональное поведение человека.

Работа Гарри Харлоу по социальному развитию макак имела большое значение для теорий развития детей и психиатрии. Работа Овермьера, Майера и Селигмана по изученной беспомощности оказала аналогичное влияние на развитие ребенка и психиатрию [19].

Исследования сенсорных систем животных, проведенные специалистами по поведению животных, привели к практическим применениям для расширения сенсорных систем человека. Демонстрации Гриффина того, как летучие мыши используют сенсор для определения местоположения объектов, напрямую привели к использованию методов в широком спектре приложений, от военных целей до диагностики плода.

Исследования на животных позволили развить многие важные концепции, касающиеся преодоления стресса, например исследования важности прогнозирования и контроля над поведением, позволяющим справиться со стрессом [30].

Сэр Чарльз Шеррингтон, ранний лауреат Нобелевской премии, разработал модель структуры и функции нервной системы, основанную только на внимательном поведенческом наблюдении и дедукции. Последующие семьдесят лет нейробиологических исследований полностью подтвердили выводы, сделанные Шеррингтоном на основе поведенческих наблюдений. Его работа заключается в том, что существуют связи в головном мозге и ввёл в нейрофизиологию представление о синаптической связи и впервые (1897 г.) употребил сам термин «синапс». Также показал, что рефлекс, даже безусловный, не есть продукт лишь деятельности рефлекторной дуги, но регулируется нервной системой в целом. Продемонстрировал сопряжённую (реципрокную) иннервацию

мышц-антагонистов — торможение двигательного центра одной из мышц (например, разгибателя) при возбуждении двигательного центра сопряжённой мышцы (например, сгибателя). Провёл объёмные нейростологические исследования, определяя схемы иннервации мышц [26].

В 2012 году Франс де Вааль совместно с Дженнифер Покорны получил Нобелевскую премию по анатомии за открытие, что шимпанзе могут распознавать других шимпанзе из своей группы не только по фотографиям «лица», но и по фотографиям анально-половой области. Шимпанзе так же успешно распознавали среди незнакомых фотографий особей мужского и женского пола, используя только изображения «лица» [6].

Конрад Лоренц признан одним из отцов-основателей области этологии, изучения поведения животных. Он наиболее известен своим открытием принципа привязанности или импринтинга, посредством которого у некоторых видов образуется связь между новорожденным животным и его опекуном. Этот принцип был обнаружен Дугласом Сполдингом в 19 веке, и наставник Лоренца Оскар Хейнрот также работал над этой темой, но описание Лоренца, запечатлевшего, у серых гусей, в его книге 1935 года «Товарищ в окружении птиц» стал основополагающим описанием этого явления [54].

Здесь Лоренц использовал концепцию Якоба фон Иксюля, чтобы понять, как ограниченное восприятие животных отфильтровывает определенные явления, с которыми они инстинктивно взаимодействуют. Например, молодой гусь инстинктивно привязывается к первому движущемуся стимулу, который он воспринимает, будь то его мать или человек. Лоренц показал, что это импринтинговое поведение позволяет гусям научиться распознавать представителей своего собственного вида, позволяя им стать объектом последующих поведенческих паттернов, таких как спаривание. Он разработал теорию инстинктивного поведения, согласно которой модели поведения в значительной степени являются врожденными, но запускаются через внешние

раздражители. Он утверждал, что у животных есть внутреннее побуждение к инстинктивному поведению, и что, если они не столкнутся с правильным стимулом, они в итоге начнут действовать с неподходящим стимулом [54].

Научные работы П. В. Симонова посвящены физиологии высшей нервной. Им создан и экспериментально обоснован потребностно-информационный подход к анализу поведения и высших психических функций человека и животных, который позволил дать естественнонаучное обоснование таким ключевым понятиям общей психологии, как потребность, эмоция, воля, сознание. Междисциплинарный характер исследований П. В. Симонова создаёт основу для комплексного изучения человека физиологами, психологами, социологами, представителями других областей знаний [53].

Эрик Кандел работая с Ирвингом Купферманом и Гарольдом Пинскером, разработал протоколы для демонстрации простых форм обучения с помощью неповрежденной аплизии. В частности, исследователи показали, что известный ныне рефлекс отдергивания жабр, с помощью которого слизняк защищает свою нежную ткань жабр от опасности, был чувствителен как к привыканию, так и к сенсibilизации. К 1971 году Том Кэрю присоединился к исследовательской группе и помог расширить работу от исследований, ограниченных кратковременной памятью, до экспериментов, которые включали физиологические процессы, необходимые для долговременной памяти [53].

К 1981 году сотрудники лаборатории, включая Терри Уолтерса, Тома Абрамса и Роберта Хокинса, смогли расширить систему аплизии на изучение классической обусловленности, открытие, которое помогло ликвидировать очевидный разрыв между простыми формами обучения, часто ассоциируемыми с беспозвоночными, и многим другим. Сложные типы обучения чаще распознаются у позвоночных. Наряду с фундаментальными исследованиями поведения, другая работа в лаборатории проследила нейронные цепи сенсорных нейронов, интернейронов и мотонейронов, которые вовлечены в усвоенное поведение. Это

позволило проанализировать конкретные синаптические связи, которые изменяются в процессе обучения у животных. Результаты лаборатории Кандела предоставили убедительные доказательства механистической основы обучения как «изменения функциональной эффективности ранее существовавших возбуждающих связей» [20].

О'Киф и его ученик Джонатан Достровский открыли клетки, систематически анализируя факторы окружающей среды, влияющие на возбуждающие свойства отдельных нейронов гиппокампа. Его многочисленные публикации о клетках места получили высокую оценку. Кроме того, он опубликовал влиятельную книгу с Линн Надел, в которой предлагал функциональную роль гиппокампа, как когнитивной карты для функции пространственной памяти.

В дальнейших исследованиях клеток места О'Киф обнаружил доказательства отличительной вариации временного кодирования информации по времени потенциалов действия в клетках места по сравнению с осцилляторным циклом ЭЭГ, известным как тета-ритм. В статье 1993 года он и Майкл Рексе продемонстрировали, что спайк клеток происходит на разных фазах относительно колебаний тета-ритма в локальном потенциале поля гиппокампа. Когда крыса входит в стреляющее поле клетки места, всплеск начинается на поздних фазах тета-ритма, а когда крыса движется через поле выстрела, спайки переходят в более ранние фазы тета-цикла. Этот эффект был воспроизведен в многочисленных последующих статьях, где были представлены доказательства кодирования сенсорной информации по времени спайков. Многочисленные модели обращались к потенциальным физиологическим механизмам прецессии тета-фазы [13].

В середине 1980-х годов К. В. Анохиным были обнаружены гены, активирующиеся в головном мозге при обучении и формировании памяти. Им доказана роль этих генов, принадлежащих к семейству «непосредственных ранних генов», в фиксации разных форм долговременной памяти и устойчивых патологических состояний нервной системы. Выдвинута и экспериментально

обоснована схема молекулярного сигнального пути «непосредственных ранних» — «поздних» генов, лежащего в основе консолидации всех известных форм долговременной памяти. На основе этой модели и функциональных свойств найденных генов разработаны новые методы визуализации и контроля функций нервной системы. С помощью этих методов описаны и исследованы новые фундаментальные феномены памяти: реконсолидация и репарация памяти. Ввел понятие когнитом и предложил гиперсетевую теорию мозга [13].

Нейроэтология, интеграция поведения животных и нейробиология, обеспечивают важные основы для гипотезы нейронных механизмов [55]. Тщательные поведенческие данные позволяют нейробиологам сузить объем своих исследований и сосредоточиться на соответствующих входных стимулах и уделить внимание соответствующим ответам. Во многих случаях использование специфических для вида естественных стимулов привело к новому пониманию нервной структуры и функции, которые контрастируют с результатами, полученными с использованием нерелевантных стимулов [7].

Недавние исследования поведения животных продемонстрировали нисходящее влияние поведения и социальной организации на физиологические и клеточные процессы. Изменения в социальной среде могут подавлять или стимулировать овуляцию, вызывать синхронность менструаций, вызывать выкидыши и так далее. Другие исследования на животных показывают, что качество социальной и поведенческой среды напрямую влияет на функционирование иммунной системы [15].

Широко используемая классификация форм поведения основывается на классификации потребностей, поскольку именно потребность является системообразующим компонентом поведенческого акта. Принято выделять следующие формы поведения: пищевое, репродуктивное, родительское, оборонительное, агрессивное, социальное, исследовательское.

Ориентировочно-исследовательское поведение предшествует любому поведенческому акту. К исследовательскому поведению относят активность, направленную на изучение окружающей среды и на поиск свойств, узнавание которых является врожденным, не связанную с поиском пищи или полового партнера [15].

## **1.2. Современная нейрофизиологическая модель исследовательского поведения**

Ориентировочно-исследовательскую активность в настоящее время рассматривают как основную форму адаптивного поведения, которая возникает в ответ на любое изменение в окружающей среде. Эти поведенческие реакции свойственны всем животным с нервной системой, их аналоги находят также у донервных животных, в частности у парамеций. У животных в ходе эволюции мозга центры любопытства сформировали достаточно сложную и характерную иерархию, нижние этажи которой локализованы в среднем мозге, а высшие в коре больших полушарий.

Наиболее древний центр, связанный с обработкой новой информации, с детекцией новых событий, расположен в среднем мозге, в зоне, которая называется четверохолмие. Там были выделены нейроны, названные детекторами новизны, и эти нейроны постоянно сравнивают текущие сенсорные сигналы, поступающие в мозг с сигналами, которые были на несколько секунд раньше. Четверохолмие находится в крыше среднего мозга и представлено двумя парами выступов — холмиков. В передних холмиках находятся нейроны, которые вычленяют информацию о новых объектах в поле зрения. В задних холмиках четверохолмия находятся слуховые нейроны, которые реагируют на появление нового звука, на перемещение источника звука, на его изменение. После того, как произошла детекция нового сигнала, четверохолмие на уровне среднего мозга запускает «ориентировочный рефлекс». Ориентировочный рефлекс, впервые выделенный И.П. Павловым [47], проявляется в реакциях поворота глаз, головы, тела в сторону

нового сигнала. Это одна из самых сложных врожденных рефлекторных программ, в мозге человека и животных. Для того, чтобы четко видеть, необходимо смотреть прямо на объект, чтобы изображение попадало на центр сетчатки. Для того, чтобы услышать информацию, уши должны примерно с одинаковой интенсивностью воспринимать звуковые сигналы. Поэтому в четверохолмии находятся нейроны, управляющие движениями глаз, нейроны, которые наводят на резкость изображения, то есть меняют форму хрусталика и нейроны, которые отвечают за диаметр зрачка. В совокупности обеспечивается оптимальный вход новой информацией в головной мозг.

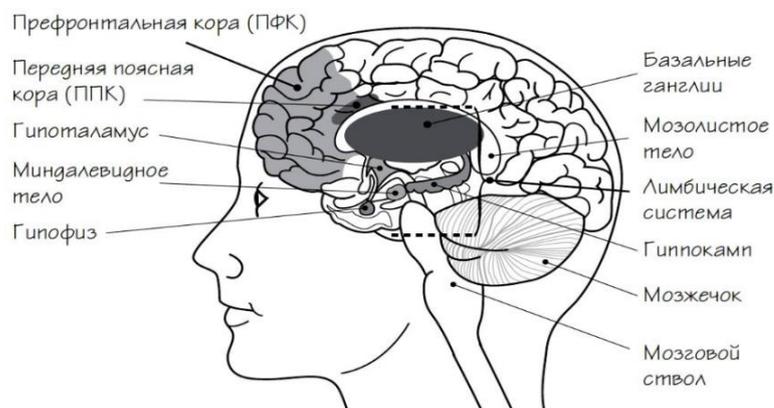
Кроме слуховых и зрительных сигналов, четверохолмие работает с новыми сигналами, например, с прикосновениями. Имеются специальные спинотектальный и тектоспинальный тракты, осуществляющие двустороннюю связь между проприорецепторами и тактильными рецепторами, спинным мозгом и четверохолмием и альфа-мотонейронами, который запускает на поворот все туловище. Ориентировочный рефлекс очень рано появляется в ходе эволюции, он есть уже у рыб.

Следующий уровень исследовательского поведения связан с активным перемещением в пространстве — приближение к новому объекту и попытки его распознавания. На этом этапе ключевую роль играет субталамус. Субталамус находится на границе промежуточного и среднего мозга, но все-таки относится к промежуточному мозгу, и там расположены нейроны, которые отвечают за запуск локомоции. К субталамусу сходятся сигналы от самых разных центров потребностей. Когда детектируются какие-то новые события, к субталамусу поступают сигналы и животное начинает исследовать окружающую обстановку. Например, если кошку посадить куда-то в новое место, она обойдет, обнюхает все углы. Это является сбором новой информации, он очень важен и его запускает субталамус. Мозг постоянно извлекает новую информацию из окружающей среды, «на будущее». Павел Васильевич Симонов, автор физиологической классификации

биологических потребностей, назвал подобные программы программами саморазвития.

Вместе с субталамусом работает структура, которая называется гиппокамп. Гиппокамп — это ключевой центр кратковременной памяти. Это уже зона, которая относится к коре больших полушарий. И в гиппокампе, прописываются те новые сведения, которые собираются во время поискового поведения. Гиппокамп изначально очень мощно был связан с локомоцией и движением в пространстве. В ходе эволюции он возник для того, чтобы запоминать траекторию движения и в случае опасности с помощью сформированной карты быстро вернуться в исходную точку. Таким образом, гиппокамп эволюционно появился как элемент двигательных систем мозга, функционально и структурно связанный с субталамусом, позднее гиппокамп стал ключевым центром в выделении новой информации, требующей сохранения в центрах долговременной памяти. Соответственно у млекопитающих в гиппокампе есть также как в буграх четверохолмия нейроны- детекторы новизны, функционирование которых часто рассматривается как проявление второго уровня исследовательского поведения, направленного на поиск новой информации.

Третий уровень связан с манипуляцией новыми предметами. Этот уровень представлен у животных с хорошо развитыми пальцами на передних конечностях — еноты, приматы. Манипуляция с предметами — важный компонент психической активности.



**Рисунок 1-**Строение головного мозга

В лобной коре выделяют премоторную и моторную зоны. Премоторная зона формулирует программу движения в целом, а моторная кора направляет требуемые в соответствие с программой команды мотонейронам спинного мозга по пирамидному пути. Причем предварительно программа премоторной коры по экстрапирамидному нервному пути направляется и корректируется мозжечком и базальными ганглиями и только затем по верхним ножкам мозжечка оказывается в моторной коре. Мозжечок, образно называемый сопроцессором в регуляции произвольных движений, на третьем уровне выполняет функции, отчасти сходные с функциями гиппокампа, функционирующего на втором уровне - запоминает программы манипуляторных движений.

Все три уровня исследовательского поведения - ориентировочный рефлекс, поисковое поведение, манипуляции с предметами поддерживаются центрами положительных эмоций через дофаминергические нейроны. Сама новизна, вызванное ею любопытство через положительные эмоций подталкивает животное и человека к узнаванию мира, к сбору новой информации, к формированию более адаптивного поведения [23]. Исследовательское поведение уравновешено также врожденному стремлению к безопасности. Высшие центры, оценивающие риск ориентировочных реакций в незнакомой/необычной среде или в присутствии неизвестного объекта недостаточно изучены, в основном работают с помощью серотонинергических систем. Отрицательные эмоции, поддерживающие разные формы осторожного поведения, генерируются миндалиной. Эту структуру, локализованную в белом веществе полушарий головного мозга в непосредственной близости от хвостатого ядра, часто относят к базальным ганглиям, однако ее роль в двигательном поведении не изучена. Комплекс реакций осторожного поведения – тревожности включает замирание, избегание открытых пространств, поиск убежища.

Высший уровень поведения, получивший максимальное развитие у человека, это формирование речевой или информационной модели окружающей

среды. Речевая модель мира представлена в ассоциативной теменной коре и представляет связанную информационную нейронную сеть, образно представляющую «слепок внешней среды, который накладывается на наш мозг, и формирование этого слепка – это тоже процесс узнавания нового. Мы можем из имеющейся информации собрать какой-то новый кусочек, новую ассоциацию, то есть понять логику каких-то процессов» [32].

### **1.3. Исследовательское поведение и тревожность в когнитивном комплексе высших животных и человека. Нарушения при метаболическом синдроме и старении**

Когнитивная функция является сложным и не до конца изученным феноменом. Однако ряд исследований позволяют выделить основные функциональные блоки [15]. Первый функциональный блок (блок активации) включает стволочно-подкорковые структуры и лимбическую систему: восходящую часть ретикулярной формации ствола мозга, зрительные бугры, полосатые тела, межзачаточный мозг, гиппокамп и его связи с миндалинами, медиобазальными лобными долями и цингулярной извилиной. Указанные структуры обеспечивают активацию коры головного мозга в ответ на внешнюю стимуляцию или внутреннюю мотивацию. Они поддерживают оптимальный уровень концентрации внимания и отвечают за мотивационно-эмоциональное обеспечение деятельности.

Кроме того, специфической функцией гиппокампа является сопоставление вновь поступающих стимулов с прежними, что играет большую роль в процессе усвоения новой информации. При патологии стволочно-подкорковых структур увеличивается время реакции, что приводит к замедленности когнитивных процессов. Нарушается нормальная зависимость между силой стимула и степенью активации коры головного мозга; при этом слабый стимул может вызывать значимую активацию коры. Клинически это будет приводить к повышенной отвлекаемости, невозможности длительное время поддерживать начатую

деятельность. Такие нарушения называются нейродинамическими когнитивными расстройствами. При патологии гиппокампа и функционально связанных с ним структур развиваются нарушения памяти на текущие события.

Второй функциональный блок (блок приема, обработки и хранения информации) включает в себя вторичные и третичные зоны корковых анализаторов соматической чувствительности, слуха и зрения, т. е. ассоциативную кору теменной, височной и затылочной долей головного мозга. Эти структуры обеспечивают восприятие, распознавание и хранение информации, полученной из внешнего мира, а также отвечают за формирование представлений о трехмерном пространстве. При патологии височной доли нарушаются слуховой гнозис и слуховая память, при патологии затылочной доли — зрительный гнозис и зрительная память, при патологии теменной доли — соматический гнозис и кинестетическая память. Кроме того, при поражении теменной доли головного мозга развивается кинестетическая апраксия, которая, как и соматические агнозии, связана с нарушением схемы тела. Поражение зоны стыка височной, теменной и затылочной долей головного мозга вызывает нарушение пространственных представлений, что проявляется в сфере гнозиса и праксиса. Когнитивные нарушения, возникающие при повреждении структур второго функционального блока, называются операциональными, или инструментальными.

В последние годы активно изучается влияние на когнитивные функции и исследовательское поведение в том числе лептина. Этот гормон, секретируемый зрелой белой жировой тканью, является сигналом о благополучии энергетического гомеостаза. Тем самым угнетается пищевая доминанта и пищевое поведение и обеспечивается переход к другим формам поведения: исследовательскому и репродуктивному [11]. При метаболическом старении нервные центры теряют чувствительность к лептину, что проявляется в усилении пищевой доминанты и снижении форм исследовательского поведения. В исследовании Zeki A. было показано, что у людей при центральном ожирении, связанным с гиперлептинемией

наблюдается ухудшение выполнения нейропсихологических тестов на когнитивные функции. Уровень лептина коррелирует со степенью когнитивных нарушений и может считаться одним из потенциальных факторов риска их возникновения у страдающих метаболическим синдромом [31]. Это позволяет предположить, что потеря веса у пациентов с ожирением, достаточная для улучшения чувствительности лептина, сможет восстановить функцию гиппокампа, связанную с когнитивным дефицитом [10]. Сам механизм связывают с тем, что лептин является посредником ионотропного рецептора глутамата, индуцирующего долговременный потенциал через приток кальция, который имеет определяющее значение для памяти и обучения [20]. Дополнительно в исследованиях на животных у лептинрезистентных грызунов отмечалось нарушение пространственной памяти.

Провоцируемая лептинрезистентностью инсулинрезистентность усугубляет нарушения исследовательского поведения, ускоряя процессы старения головного мозга [24, 7]. Учеными доказано, что именно центральная инсулинрезистентность в гиппокампе приводит к снижению когнитивных функций [28]. В 15-недельном эксперименте на крысах было показано, что наступление ожирения и инсулинрезистентности в детстве, а также в подростковом возрасте вызывает необратимые эпигенетические изменения в мозге, которые сохраняются после восстановления нормального метаболического гомеостаза. Эти изменения ведут к синаптической дисфункции при старении. Эти данные подтвердились в клинических исследованиях у пациентов с нарушением углеводного обмена. Было показано, что инсулинрезистентность в раннем возрасте может иметь долгосрочные пагубные последствия в головном мозге, способствуя наступлению либо прогрессированию при старении [4]. Патогенез данных изменений рассматривался в экспериментальных исследованиях. Так, Sasaki-Hamada S. и соавт. выявили, что дефицит в глутаматергических пре- и постсинаптических синапсах может привести к нарушению синаптической пластичности у мышей во время развития толерантности к глюкозе. Эти результаты

являются важным аспектом изучения вопроса толерантности к глюкозе с целью предотвращения сбоев в когнитивных функциях у пациентов с сахарным диабетом [26]. Клинические и экспериментальные исследования показали, что нарушение толерантности к глюкозе ухудшает результаты тестов тревожности, логической и ассоциативной памяти.

Таким образом, разработка методов тестирования исследовательского поведения и тревожности важна как для изучения нейроанатомических, нейрофизиологических, генетических основ этих важных в структуре любого поведенческого акта активностей, так и для оценки нарушений когнитивных функций при старении, различных патологиях и разных видов воздействий на эти процессы.

#### **1.4. Методы оценки ориентировочно-исследовательского и тревожного поведения в эксперименте**

##### **1.4.1. Метод «Крестообразного лабиринта»**

Приподнятый крестообразный лабиринт — это широко используемый поведенческий тест на грызунах. Его разработали в лаборатории Файла для оценки тревожных состояний у лабораторных грызунов [25]. Они основывались на Y-образном лабиринте, впервые примененном к решению подобных задач Монтгомери, с открытыми и закрытым рукавом [28]. Приподнятый лабиринт имеет 4 рукава (два открытых и два закрытых), которые расположены в форме плюса. Хэндли и Митани описали оценку тревожного поведения грызунов, используя соотношение времени, проведенного на открытых рукавах, к времени, проведенному на закрытых рукавах [21].

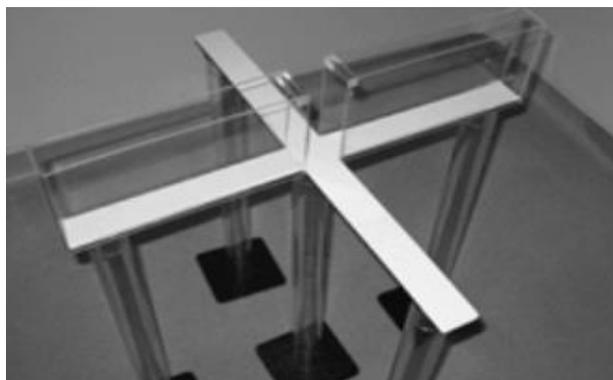
В настоящее время крестообразный лабиринт широко используется для оценки успокаивающего действия фармакологических агентов, влияния на психоэмоциональное состояние стероидных гормонов, а также для определения нервных центров и механизмов, лежащих в основе поведения, связанного с

тревогой. Если вкратце, то крыс или мышей помещают на стыке четырех рукавов лабиринта лицом к открытому рукаву. Продолжительность в каждом рукаве регистрируются системой видеонаблюдения и наблюдателем одновременно в течение 5 мин. Также можно наблюдать другие этологические параметры (например, наклоны головы и позы с вытянутой ногой и т. п.). Увеличение активности в открытых рукавах (продолжительности и/или входов) отражает преобладание ориентировочно-исследовательской активности [27].

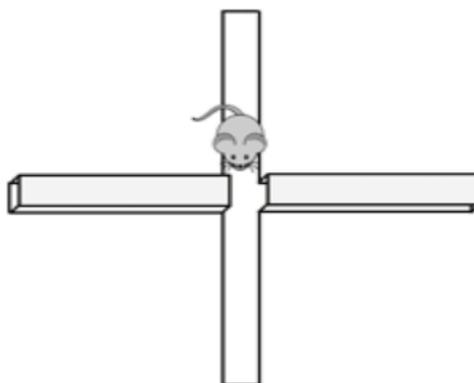
В отличие от других поведенческих тестов, используемых для оценки тревожных реакций, основанных на предъявлении опасных стимулов (например, поражение электрическим током, лишение пищи / воды, громкие звуки, воздействие запаха хищника и т. д.), приподнятый крестообразный лабиринт полагается на склонность грызунов к темным замкнутым пространствам и безусловный страх высоты / открытых пространств (избегание) [8].

Существует большое разнообразие возможных применений приподнятого крестообразного лабиринта. Чтобы назвать несколько, можно провести предварительный скрининг недавно разработанных фармакологических агентов для лечения расстройств, связанных с тревогой. Можно исследовать анксиолитические и анксиогенные эффекты фармакологических агентов, наркотических средств и гормонов [14]. Можно оценить эффекты репродуктивного старения и/или пре-, пери- или постнатального воздействия различных стрессоров на проявления ориентировочно-исследовательского и/или тревожного поведения. Кроме того, помимо использования в качестве модели для обнаружения анксиолитических эффектов бензодиазепиновых соединений, приподнятый крестообразный лабиринт применяется в качестве поведенческого анализа для изучения участков мозга (например, лимбических областей, гиппокампа, миндалина, ядра дорсального шва и т. д.) и механизмов (например, ГАМК, глутамат, серотонин, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси нейромодуляторы и т. д.), лежащий в основе поведения тревоги [17]. Действительно, приподнятый крестообразный лабиринт использовался в качестве

модели состояния безусловной тревожности на протяжении более двух десятилетий, и в настоящее время существует более 2000 статей, связанных с этой темой.



*Рисунок 2* - Вид крестообразного лабиринта сверху



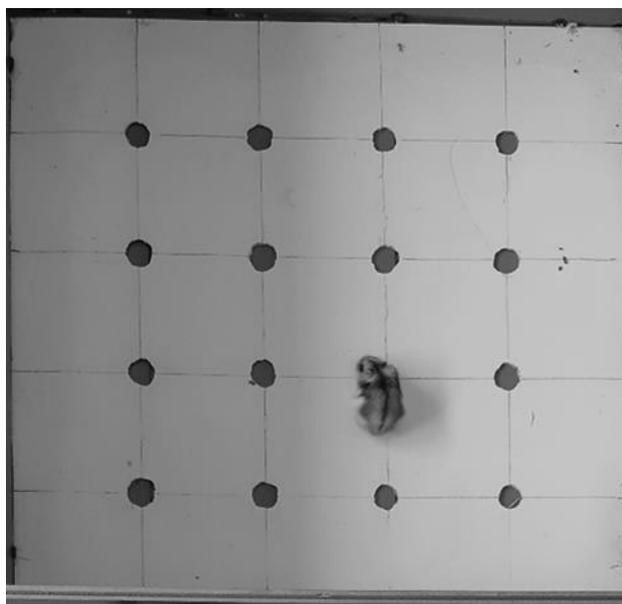
*Рисунок 3*- Мышь в крестообразном лабиринте

#### **1.4.2. Метод «Открытого поля»**

Модели на животных оказались бесценными для исследователей, пытающихся ответить на вопросы, касающиеся механизмов поведения. Открытое поле - одно из наиболее часто используемых платформ для измерения поведения на моделях животных. Это быстрый и относительно простой тест, который предоставляет разнообразную поведенческую информацию, от общей способности к передвижению до данных об эмоциональности исследуемого животного [10]. Что касается лабораторных грызунов, процедура позволяет изучать различные линии мышей или крыс, как лабораторно выведенных, так и отловленных в дикой

природе. Этот метод также легко адаптируется к исследованию различных фармакологических соединений и их анксиолитических или анксиогенных эффектов [32].

Открытое поле был первоначально разработан в 1934 году как тест для измерения эмоциональности у грызунов. Он получил статус одного из наиболее широко используемых показателей поведения в психологии животных. Он обеспечивает простую и довольно быструю оценку четко определенного поведения, не требуя обучения испытуемого и практически не требующего специальной подготовки для человека, проводящего тест [10]. Эти атрибуты привели к широкому использованию открытого поля в исследованиях, распространенных на другие виды животных, такие как телята, свиньи, кролики, приматы, пчелы и омары. Частично его популярность объясняется тем фактом, что психологические и физиологические концепции, лежащие в основе тестов, как правило, просты и хорошо понятны [29].



**Рисунок 4-**Установка «Открытое поле» с нахождением в ней джунгарского хомячка

Например, было определено, что в ходе эволюции сформировалась общую реакцию у животных, так что большинство видов проявляют вызванные тревогой

реакции страха или бегства на определенные стимулы. Например, грызуны проявляют явное отвращение к большим, ярко освещенным, открытым и неизведанным местам. Мы можем предположить, что они были филогенетически обусловлены, чтобы рассматривать эти типы окружающей среды как опасные. Все эти функции включены в открытое поле и составляют основу его использования при тестировании поведенческой парадигмы [22].

Открытое поле состоит из огороженной стеной области, имеющей достаточную высоту, чтобы предотвратить побег объекта. Типичными формами открытого поля являются круглые или квадратные модели, с достаточно большой площадью, и зависят от размера испытуемого, чтобы вызвать ощущение открытости в центре поля [16]. В открытом поле можно оценить ряд переменных с большинством параметров, включающих различные типы двигательной активности. Ходьба — это наиболее распространенное изучаемое поведение, но можно измерить и другие, такие как задержка или вставание на дыбы. Чаще всего поведение грызунов анализируется в чистом поле. Однако добавление на пол поля объектов, одного или нескольких, дает возможность увидеть, как субъект взаимодействует с новыми дополнительными стимулами [2]. Соответствующие параметры при представлении объектов обычно представляют собой количество подходов к объекту или, в некоторых случаях, предпочтение или отвращение одного объекта к другому [12].

Многие поведенческие тесты на тревожность основаны на активности тела и передвижении испытуемого животного. Интерпретация поведенческих тестов на эмоциональность с одновременным выделением неэмоциональных факторов, таких как двигательная активность, была предметом интенсивных споров. Как было первоначально описано OFM, можно вывести два показателя эмоциональности: двигательную активность и отложения комочков в кале или дефекацию. Однако в некоторых исследованиях было показано, что эти два

показателя не связаны между собой, что подтверждает вывод о многомерности эмоциональности грызунов [2].

Несмотря на это, расхождения в литературе относительно этих показателей и эмоциональности или тревожности на моделях мышей могут быть отнесены к различиям в критериях анализа или различиям в процедурах тестирования. Исследования убедительно связали результаты анализа OFM с другими показателями тревожности при сравнении моделей на мышах [29].

## **ГЛАВА 2. Предварительные результаты исследования ориентировочно исследовательского и тревожного поведения лабораторных мышей ICR в лаборатории биохимии и физиологии**

### **2.1. Объект и методы исследования**

#### **2.1.1. Характеристика обследованных животных**

Исследования проведены на самках мышей CD1, полученных из питомника ООО Вектор (Новосибирск) в возрасте 45 сут, в дальнейшем животные содержались в виварии КГПУ им. В.П. Астафьева при 23 °С, свободном доступе к корму и воде по 3 мыши на пластиковую клетку с площадью пола 1350 см<sup>2</sup>. Часть животных в возрасте около 2 мес в течение 3 нед получала добавку к основному рациону в виде кусочков сала, печени «юбилейное» и молочный шоколада («рацион кафетерия»). Введение добавки не вызвало изменений соматометрических показателей. После прекращения экспериментального кормления масса тела и индекс массы тела не отличались от животных, получающих только стандартный рацион.

#### **2.1.2. Соматометрические исследования**

На протяжении эксперимента неоднократно определяли длину и массу тела, рассчитывали индекс массы тела животных. Массу тела определяли путем взвешивания на электронных лабораторных весах ВК-600 (Зеленогорск) с точностью до мг. Мыши были помещены в крытый контейнер, фиксация показателя происходила после того, как мышь переставала двигаться и замирала. Для выяснения отдаленных последствий кратковременного скармливания рациона кафетерия в период между 10 и 12 мес. взвешивание животных выполняли еженедельно. В конце эксперимента также с помощью линейки определяли нозо-анальную длину и длину хвоста в см. По результатам определения массы и длины тела рассчитывали индекс массы тела в г/см<sup>2</sup>. Длину хвоста в качестве косвенного

показателя температурной адаптации выражали в % по отношению к назо-анальной длине. Соматометрические показатели 12-мес. мышей, динамика потребления корма и массы тела между 10-12 мес. представлены в Приложении А.

### **2.1.3. Методы оценки поведения животных**

Пищевое поведение оценивали по суточному потреблению корма одной мышью. Для определения этого показателя использовали сбалансированный гранулированный корм для лабораторных грызунов (БиоПро, Новосибирск). Предварительно до определений в течение 3-х суток животные адаптировались к новому питанию. Животные получали корм известной массы, через сутки мыши пересаживались в новые клетки, остатки корма тщательно собирались и взвешивались. Измерения проводили неоднократно. Динамика показателя суточного потребления корма в возрастном периоде 10-12 мес.

Спонтанную двигательную активность, ориентировочно-исследовательское поведение, тревожность оценивали в тесте «Открытое поле».

Тест проводился с использованием самодельной квадратной арены 60х60 см, расчерченной на 25 квадратов, на пересечения квадратов имелись круглые углубления «норки». Мышь помещали в угловой квадрат и в течение пяти минут фиксировали перемещения по арене, а также такие элементы как стойки, заглядывания в «норки», груминг, дефекации. Об общей спонтанной двигательной активности судили по количеству пересеченных квадратов. Об ориентировочно-исследовательском компоненте двигательной активности судили по выраженному в процентах к относительному количеству посещенных центральных квадратов. Большое число таких показателей как: пересечение периферических квадратов, груминг и дефекации указывают на повышенную тревожность мышей. На исследовательское поведение указывают: пересечение центральных квадратов, количество заглядываний в норки (норковый рефлекс).

Индивидуальные показатели поведения мышей в тесте «Открытое поле» представлены в Приложении Б.

#### **2.1.4. Статистический анализ**

Учитывая малочисленность выборок животных, для сравнения показателей молодых и старых животных использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Расчеты выполнены в компьютерной программе «статистика 6.0». Численные значения показателей приводятся в тексте работы в таблицах в виде средних  $\pm$  стандартными отклонениями.

#### **2.2. Соматометрические и поведенческие показатели молодых и старых мышей**

Установлено, что при стандартных условиях содержания масса тела и ИМТ к 12-мес возрасту удваивались ( $p < 0,05$ ), т.е. развивалось ожирение. У старых мышей также повышалось суточное потребление корма на 27%, как и у старых самцов [29] снижался на 31% показатель общей двигательной активности в тесте «открытое поле», но из-за значительной индивидуальной вариабельности эти различия с молодыми животными не были статистически значимыми. Доля пройденного пути, характеризующего ориентировочно-исследовательскую активность, не изменялась, но наблюдалось более чем 4-кратное снижение показателя норкового рефлекса. В отличие от старых самцов [34] у самок в нашем эксперименте не выявлено статистически значимых изменений показателей тревожности.

Стабильно повышенные показатели массы тела, потребления корма и сниженная двигательная активность наблюдались у 8-12 нед мышей, получавших в период становления репродуктивной функции кафетерийный рацион.

**Соматометрические и поведенческие показатели при старении самок  
мышей CD1**

Показатели	3 мес, n=5	12 мес , n=9
Масса тела, г	31,47±1,15	68,37±12,14*
Длина тела, см	10,00±0,00	10,28±0,44
Индекс массы тела, г/см <sup>2</sup>	0,315±0,012	0,665±0,133*
Потребление корма, г/сут·животное	4,94±0,13	6,26±3,29
Спонтанная двигательная активность, число квадратов	136,6±50,40	93,88±38,14
Индекс исследовательской активности, % пересеченных центральных квадратов	17,38±4,79	15,93±6,29
Норковый рефлекс	28,2±12,97	6,44±3,67*

груминг	2,00±1,58	2,39±1,45
дефекации	1,20±1,09	2,22±2,28

*Примечание:* В этой и следующей таблицах приведены средние и стандартные отклонения. \* - различия между группами статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2

**Показатели старых самок мышей CD1, получавших в 2-нед возрасте  
кафетерийный рацион**

Показатели	Контрольные мыши , n=3	Мыши на кафетерийной диете, n=6
Масса тела, г	63,11±12,50	71,01±12,18
Потребление корма, г/сут·животное	5,33±2,23	6,73±3,32
Спонтанная двигательная активность, число квадратов	131,33±15,01	75,17±31,24*

Прогрессивный рост жировой ткани, по-видимому, обусловлен увеличением потребления корма в сочетании со снижением спонтанной двигательной активности. Эти данные согласуются с гипотезой о нарушении обратной связи между жировыми депо и гипоталамическими центрами регуляции аппетита,

обменных процессов из-за развития резистентности нейронов гипоталамуса к гормону жировой ткани – лептину. Возрастание уровня жирных кислот начинается после окончания периода роста и связано, по-видимому, с резистентностью к лептину. Механизм возрастного снижения чувствительности к лептину неизвестен, но, возможно, он является проявлением генетической программы и осуществляется на уровне ядерных рецепторов. В группе животных, получающих краткосрочно в период становления репродуктивной функции кафетерийный энергонасыщенный рацион, у 50% мышей наблюдался более значительный прирост массы тела ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой, устойчивая тенденция к более высокому потреблению корма и к понижению двигательной активности. На основании этих данных можно предположить, что энергонасыщенный рацион на определенных этапах раннего онтогенеза может выступать как эпигеномный фактор, на длительный период изменяющий экспрессию генов, возможно, связанных с секрецией и механизмами действия гормона лептина.

## **ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ**

### **3.1. Основные принципы исследовательского проекта и его структура**

Научно-исследовательский проект — это работа научного характера, связанная с научным поиском, проведением исследований, экспериментами в целях расширения имеющихся и получения новых знаний, проверки научных гипотез, установления закономерностей, научных обобщений и обоснований [45].

Научно-исследовательская работа представляет собой самостоятельное, а зачастую, совместное с научным руководителем, исследование обучающегося, раскрывающее его знания и умение их применять для решения конкретных практических задач [49]. Работа должна носить логически завершенный характер и демонстрировать способность обучающегося ясно излагать свои мысли, аргументировать предложения и грамотно пользоваться терминологией. Конечно, эта работа гораздо проще, чем работы настоящих ученых. Но по структуре, применяемым методам, системе планирования – это настоящее исследование [45].

Исследовательская работа – это не реферат и не статья одного из специалистов, скачанная из интернета. Это возможность провести самостоятельное исследование и применить научный подход для получения результата, применить практические навыки или приобрести новые для решения поставленных задач, проявить навыки планирования своей работы и анализа полученных результатов [47].

Знания, полученные в ходе исследования, полученные своим трудом, запоминаются гораздо лучше [36]. Метод, когда ученик и учитель ставят перед собой вопросы, которые ставили первооткрыватели законов в различных науках, и совместно ищут ответы – больше увлекает учеников и формирует желание в дальнейшем заниматься научной деятельностью [48].

#### ***Задачи научно-исследовательской работы:***

Согласно ФГОС (Федеральный государственный образовательный стандарт), исследовательская работа является обязательной частью подготовки выпускника.

В результате этой работы обучающийся должен показать умение планировать свою деятельность, проявлять инициативу, придерживаться поставленного исследовательского вопроса, анализировать ход своей работы и оценивать полученные результаты, применять специализированную терминологию, отражать результаты своего (индивидуального) исследования [37].

Исследовательский проект предполагает наличие 3-х обязательных частей:

1. Планирование исследования
2. Исследование (наблюдение, тестирование, практическая работа и др.)
3. Анализ, выводы, заключение.

Для первой части проекта - Планирование исследования - обозначены:

- Проблема и ее актуальность
- Объект исследования (нечто целое, фрагмент мира)
- Предмет исследования (та сторона, или часть, или та характеристика объекта, которая будет изучаться).
- Цель исследования (что хотим получить в результате)
- Задачи исследования (шаги к цели или вопросы, на которые хотим получить ответ, чтоб приблизиться к цели).
- Гипотеза (предположение результата)

Для второй части проекта - Исследование - есть в наличии

- Краткий обзор нескольких источников по изучаемому вопросу, проблеме, предмету исследования (научного характера)
- Инструменты для исследования (методы и методики, опросники, дневники наблюдений, интервью и т.д)
- Материалы проведенного исследования

Для третьей части проекта - Заключение - есть в наличии

- Результаты исследования, анализ результатов и выводы (таблицы, тексты, фото и пр) в соответствии с задачами или ответы на поставленные в начале исследования вопросы.
- Заключение (подтверждение или опровержение гипотезы, возможности решения поставленной проблемы, польза от исследования, возможности применения в жизни)
- Оформленный проект

### ***Выбор направления исследования и выбор темы исследования***

Для обучающихся в образовательных организациях общего образования успешным учебным исследованием может считаться повторение чьего-либо эксперимента, анализ определенной методики, применение метода в новых условиях, сравнение методик различных специалистов и пр. совместно с глубоким анализом литературы по выбранной теме [51].

Основным критерием результативности проделанной работы для обучающихся в образовательных организациях общего образования является уровень освоения навыков исследовательской деятельности.

Структура работы может быть представлена следующим образом:

1. Титульный лист
2. Аннотация (что сделано, что нового получено)
3. Содержание (название глав и параграфов с указанием страниц)
4. Введение (обозначение проблемы, актуальность, практическая значимость исследования; определяются объект и предмет исследования; цель и задачи исследования; кратко перечисляются методы работы)
5. Главы основной части, в том числе и исследовательская часть (анализ научной литературы; выбор определенных методов и конкретных методик исследования; процедура исследования и ее этапы)
6. Выводы (интерпретация полученных результатов)
7. Заключение (краткий обзор выполненного исследования)

8. Список литературы

9. Приложения (таблицы, графики, справочники и др.)

### **3.2. Разработка мастер-классов для учащихся**

В современной школе детей усиленно приучают к исследовательской деятельности, и ВУЗы им активно в этом помогают, предоставляя площадки для проведения научно-исследовательских проектов. В лаборатории биохимии и физиологии энергообмена университета КГПУ им. В.П. Астафьева школьники могут оказать посильную помощь в наблюдении за животными.

В ходе участия учеников в различных исследованиях были разработаны 4 проекта научно-исследовательских работ, в ходе которых учащиеся определяли особенности исследовательского поведения, его возраст-зависимых нарушений, влиянию на эти формы поведения температурных и пищевых режимов содержания лабораторных животных путем использования установок «открытое поле» и «крестообразный лабиринт».

#### ***1. «Поведенческое фенотипирование инбредных и аутбредных лабораторных мышей»***

Формат данного проекта может быть представлен в двух вариантах: очном и дистанционном. Цели, задачи и выводы проекта не изменяются.

Цель: сравнительный анализ показателей ориентировочно-исследовательского поведения и тревожности инбредной и аутбредной лабораторных мышей.

Задачи:

1. Познакомиться с методами поведенческого фенотипирования в установках «Открытое поле» и «Крестообразный лабиринт».
2. Протестировать тревожность и уровень ориентировочно-исследовательского поведения линии мышей ICR.
3. Сопоставить результаты для линии мышей ICR и для линии быстро стареющих мышей C57BL/6.

**ТЕСТИРОВАНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ АКТИВНОСТИ И ТРЕВОЖНОСТИ ЖИВОТНЫХ  
В УСТАНОВКЕ «КРЕСТООБРАЗНЫЙ ЛАБИРИНТ»**

**Теоретические сведения.**

Низкая двигательная активность, частое замирание, дефекация, мочеиспускание — симптомы повышенной тревожности. Число заходов в открытые рукава и время пребывания в них, количество свешиваний вниз — признаки исследовательского поведения.

**Оборудование:** песочные часы на 5 мин, секундомер, установка «крестообразный лабиринт».

**Ход работы**

1. Животное помещается в центр лабиринта головой к открытому лучу. Начинается отсчет времени
2. Первый исследователь фиксирует заход животного в рукав и отмечает с помощью секундомера время нахождения в нем.

№ захода	Время нахождения в открытом рукаве
1	$t_1$
...	...
n	$t_n$
Всего n заходов	$T = t_1 + \dots + t_n$

Второй исследователь отмечает количество свешиваний, количество актов груминга, мочеиспускания

3. После 5-мин тестирования животное возвращают в клетку
4. Собираются и подсчитываются катышки помета
5. Дно лабиринта последовательно протирают влажной и сухой тряпкой.
6. По окончании тестирования заполнить таблицу, сравнить данные с литературными сведениями по другим линиям мышей.

**Результаты**

Таблица

Линия мышей	Число заходов в открытые рукава	Время пребывания в открытых рукавах, с	Количество свешиваний с рукава	Груминг (умывание, чистка шерсти)	Дефекация
ICR					
C57Bl/6	2-3	20-30	3-5	3	2-4
C57Bl/6 с высоким уровнем когнитивных функций	5	45-55	9-10	1-2	0-2

**Предварительные выводы**

## **Рисунок 5-Раздаточный материал к установке «Крестообразный лабиринт»**

**ТЕСТИРОВАНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ И ТРЕВОЖНОСТИ ЖИВОТНЫХ В  
УСТАНОВКЕ «ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ»**

**Теоретические сведения**

Частые груминг, дефекации, стойки в периферических квадратах — показатели повышенной тревожности животных. Исследовательское поведение животных положительно коррелирует с количеством посещений животным центральных квадратов («выходом в открытое поле»), частотой норкового рефлекса.

**Оборудование:** песочные часы на 5 мин, установка «открытое поле», карта «открытого поля»

**Ход работы**

1. Животное помещают в центральный квадрат.
2. Как только животное начинает двигаться, первый исследователь наносит траекторию движения животного в печатную карту «открытого поля». На карте в квадрат, куда перемещается животное, ставится отметка, например, +.
- Второй исследователь считает количество заглядываний в норки, стоек и актов груминга.
3. После 5-мин тестирования животное возвращают в клетку.
4. Собираются и подсчитываются катышки помета.
5. Дно лабиринта последовательно протирают влажной и сухой тряпкой.
6. По окончании тестирования заполнить таблицу, сравнить данные с литературными сведениями по другим линиям мышей.

**Результаты**

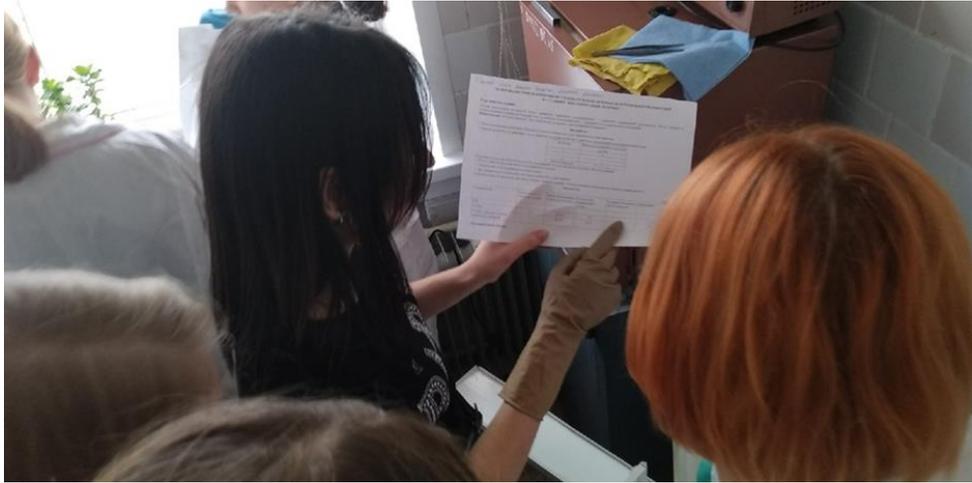
Таблица

Линия мышей	Пересечения периферических квадратов	Пересечения центральных квадратов	$100 \cdot (\text{центр} / \text{центр} + \text{периферия})$	груминг	Количество стоек в периферических квадратах	Количество заглядываний в норки (норковый рефлекс)	Количество дефекаций
ICR							
C57Bl/6	53-54	9-10	18	1	20	19-21	0-1

**Предварительные выводы**

## **Рисунок 6-Раздаточный материал к установке «Открытое поле»**

Данный исследовательский проект был апробирован на мероприятии «День открытых дверей» 31 октября 2019 года.



*Рисунок 7-Исследования проводимые в «Крестообразном лабиринте»*

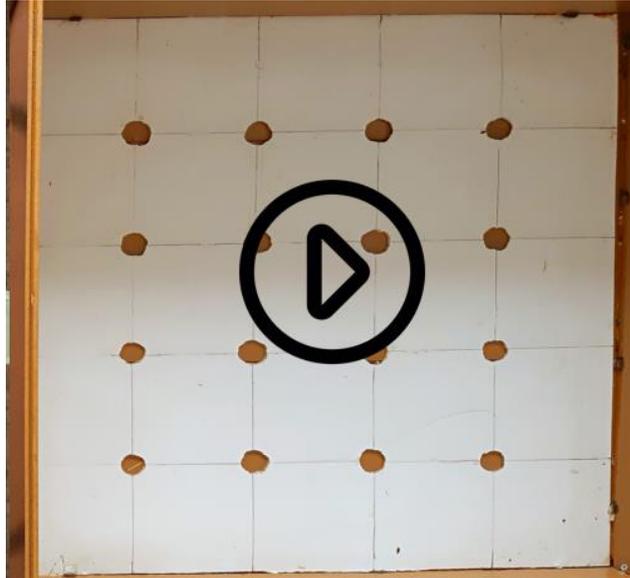


*Рисунок 8-Исследования проводимые в «Открытом поле»*

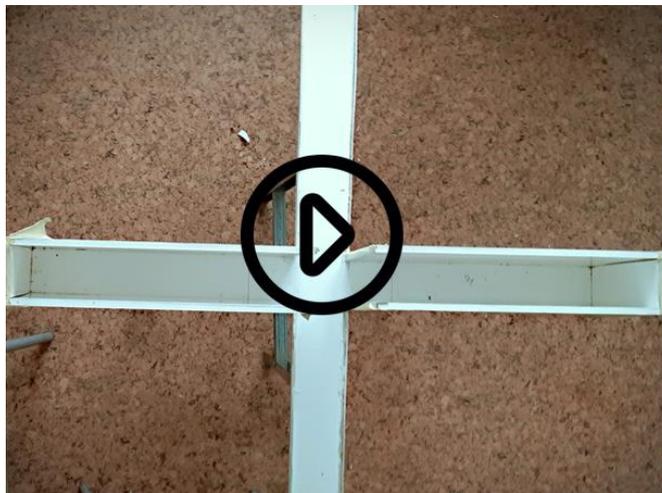
На площадку записалось порядка пятидесяти обучающихся. Работа была организована по малым группам в количестве трех человек. Обучающимся были даны карточки и для ознакомления методики проведения исследования с таблицей для фиксации данных. Каждый участник группы был ответственен за подсчет определенных показателей. По прошествии пяти минут они записывали полученные данные в общую таблицу.

Дистанционный формат предлагает учащимся ознакомиться с исследовательским проектом путем просмотра видео. В видео ставится цель и задачи, краткое описание механизмов ориентировочно-исследовательского поведения. Учащимся дается таблица, которую они заполняют, а в конце

сравнивают получившиеся результаты с уже имеющимися и делают выводы по работе.



*Рисунок 9*-Дистанционный исследовательский проект в установке «Открытое поле»



*Рисунок 10*-Дистанционный исследовательский проект в установке «Крестообразный лабиринт»

В ходе занятия школьники самостоятельно протестировали мышей аутбредной линии CD1 и, сравнив полученные результаты с данными литературы для двух широко распространенных инбредных линий, сделали вывод о большей поведенческой пластичности и адаптируемости аутбредных животных.

**Результаты исследования обучающихся на мероприятии «День открытых дверей» с использованием установки «Открытого поля»**

Линия мышей	Пересечение периферических квадратов	Пересечение центральных квадратов	Спонтанная двигательная активность  100*(центр/центр +периферия)	Группы	Количество во стоек в периферических квадратах	Нормальный рефлекс	Количество дефекций
ICR	95	37	$100*(37/37+95)=$ 28%	1	23	13	0
C57B L/6	53-54	9-10	18	1	20	19- 21	0-1

**2. «Поведенческие показатели при старении лабораторных мышей ICR»**

Формат данного проекта предполагает личное присутствие учащихся во время проведения исследования.

Поскольку известны анатомическая локализация и физиологические механизмы работы структур лимбической системы, участвующих в оценке новизны или степени опасности ситуации, - гиппокамп и миндалина, результаты тестирований можно объяснять с широкой опорой на клеточную биологию и физиологию головного мозга.

Цель: выявление возраст-зависимых нарушений пищевого и ориентировочно-исследовательского поведения.

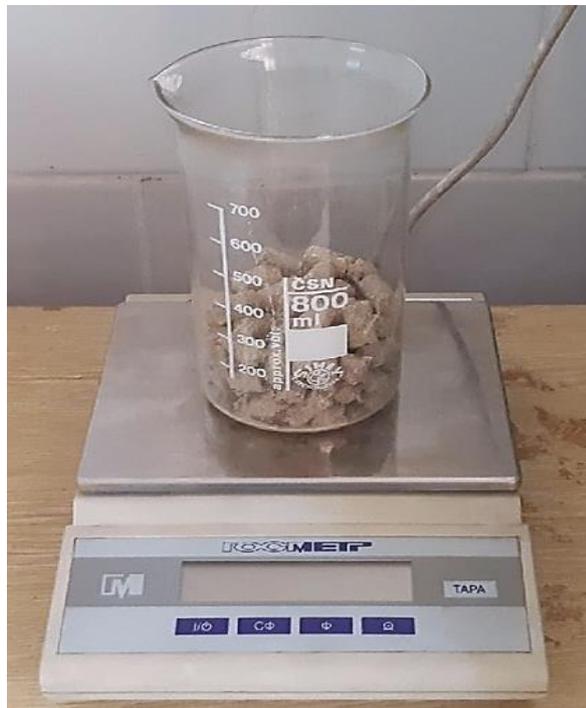
Задачи:

1. Протестировать и сопоставить суточное потребление гранулированного корма (г/мышь) молодыми (3мес) и старыми (12мес) животными.

2. Сопоставить показатели тревожности, общего двигательного и ориентировочно-исследовательского поведения в тесте «Открытое поле» в разновозрастных группах животных.
3. Выполнить статистический анализ полученных результатов.

Данный проект был апробирован учениками 8 класса МАОУ СШ23.

И по получившимся результатам можно судить, что ориентировочно-исследовательские поведенческие у старых мышей снижается.



*Рисунок 11-Подготовка суточного корма для мышей*

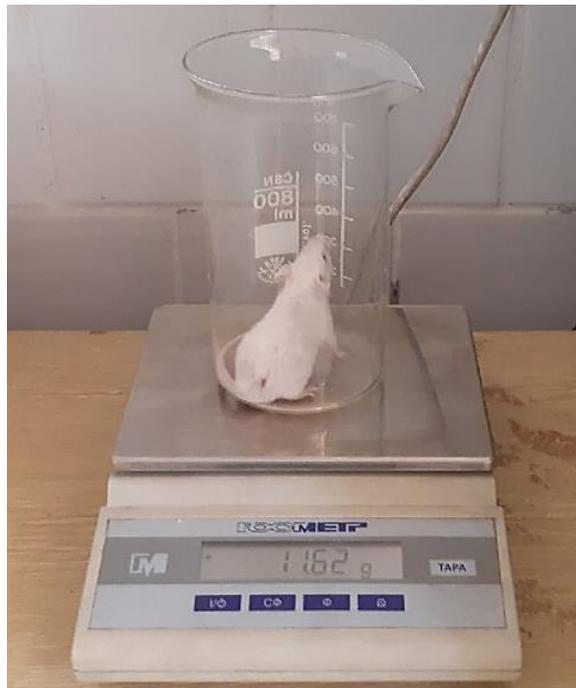
***3. «Влияние на исследовательское поведение и тревожность 12-мес мышей ICR, особенностей питания в период полового созревания»***

Формат проведения может быть представлен в очном и дистанционном формате.

Цель: анализ влияния краткосрочного (3-нед) содержания мышей на кафетерийной диете в период становления их репродуктивной функции на темпы возрастных изменений.

Задачи:

1. Сопоставить показатели массы тела, потребления корма в контрольной и опытной группах 12-мес животных
2. Сопоставить показатели спонтанной двигательной активности и исследовательского поведения в установке «Открытое поле».
3. Провести статистический анализ.



*Рисунок 12-Взвешивание 12-мес мыши ICR*

***4.«Влияние регулярных холодовых экспозиций и умеренного ограничения питания на показатели тревожности аутбредных мышей»***

Формат проведения возможен в очном и дистанционном варианте.

Цель: изучение влияния холодовых экспозиций и умеренного ограниченного питания на показатель тревожности мышей ICR.

Задачи:

1. Изучить литературу по нейрофизиологическим механизмам тревожности и факторам, провоцирующим повышенную тревожность.
2. Сопоставить показатели экспериментальных и контрольных мышей ICR в тесте «Открытое поле».
3. Провести статистический анализ полученных результатов.



*Рисунок 13-Холодильная камера с температурой 5,7<sup>0</sup>С*

Апробировали научно-исследовательский проект студенты младших курсов и получившиеся результаты можно увидеть в таблице 4.

**Влияние экспериментальных воздействий на двигательное, ориентировочно-исследовательское поведение и тревожность**

Показатели	Низкотревожные		Высокотревожные	
	контроль (4)	Опыт (4)	Контроль (4)	Опыт (4)
Спонтанная двигательная активность, число посещенных квадратов по периферии	76,50±30,17	86,50±15,59	93,50±25,96	60,25±15,52
Индекс исследовательской активности, % посещенных центральных квадратов	26,05±2,82	38,18±4,28+	23,18±6,49	23,71±2,71*
Норковый рефлекс	5,5±2,89	10,00±1,41	10,50±0,30	5,25±2,5+*
Стойки	8,50±8,10	19,50±7,50	1,50±0,58	8,00±4,69+
Груминг	3,50±1,91	3,00±1,63	3,00±1,15	1,75±2,21

Результаты были представлены на конференции «БИОЭКО» в 2021 году.

Все разработки снабжены методическими материалами, структурирующими на основе общенаучного методологического подхода работу школьника по формулировке гипотезы, постановке целей и задач, обоснованию способов их решения, процедур сбора, обработки данных, статистического анализа полученных результатов, подготовку отчёта.

## Публикации

Командакова И.С., Молот В.Е. Соматометрические и поведенческие показатели при старении аутбредных мышей CD1 // Принята к публикации. Крск: изд-во КГПУ им. В.П. Астафьева, 2020

Молот В.Е. Исследовательские проекты по физиологии поведения животных для учащихся средних общеобразовательных школ // Принята к публикации. Крск: изд-во КГПУ им. В.П. Астафьева, 2021





**КРАСНОЯРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. В. П. АСТАФЬЕВА**

XXII Международный  
научно-практический  
форум студентов, аспирантов  
и молодых учёных  
**Молодёжь и наука XXI века**

# ДИПЛОМ

**I степени**

награждается

**Молот Валентина Евгеньевна**

за представление научно-исследовательской работы  
«ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ ПО ФИЗИОЛОГИИ  
ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ СРЕДНИХ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ»

на научно-практической конференции «БИОЭКО»  
в рамках XXII Международного научно-практического форума  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Молодежь и наука XXI века»

ПРОРЕКТОР ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ  
И ВНЕШНЕМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ



С.В. БУТАКОВ

КРАСНОЯРСК, 2021

13 мая

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследовательское поведение рассматривают как основную форму адаптивного поведения, которая возникает в ответ на любое изменение в окружающей среде, поэтому тестирование ориентировочно-исследовательских реакций является одним из наиболее информативных и интегративных методов изучения высшей нервной деятельности, предшествующим нейрохимическим и нейрофизиологическим исследованиям, а также широко используется в фармакологии и пищевой промышленности для оценки возможного влияния разрабатываемых препаратов, БАДов на функциональное состояние высших интегративных центров головного мозга.

2. Установки «Открытого поля» и «Крестообразного лабиринта» - самые распространенные и широко используемые при тестировании ориентировочно-исследовательского, двигательного поведения и тревожности. Для проведения исследовательских работ школьников для каждой из этих установок подобраны легко визуально регистрируемые поведенческие показатели.

3. Разработаны 4 проекта научно-исследовательских работ для обучающихся по изучению индивидуальных, межлинейных особенностей исследовательского поведения, его возраст-зависимых нарушений, влиянию на эти формы поведения температурных и пищевых режимов содержания лабораторных животных с использованием установок «открытого поля» и «крестообразного лабиринта».

4. Исследовательские проекты были апробированы при проведении дня открытых дверей и университетских суббот в КГПУ им. В.П. Астафьева. Разработаны методические материалы к научно-исследовательской работе обучающейся 8 класса МАОУ СШ 23 по теме «Влияние высокоэнергетического рациона на соматометрические и поведенческие показатели лабораторных мышей» и осуществлялась постоянная консультативная помощь на протяжении ее выполнения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bota M., Sporns O., Swanson L.W. Architecture of the Cerebral Cortical Association Connectome Underlying Cognition. PNAS, 2015, no. 16, pp. 2093-2101.
2. Choleris E, Thomas AW, Kavaliers M, Prato FS. A detailed ethological analysis of the mouse open field test: effects of diazepam, chlordiazpoxide and an extremely low frequency pulsed magnetic field. Neurosci. Biobehav. Rev. 2001;25:235–260.
3. Christensen J., Williams T. H., Jew J., O'Dorisio T. M. Distribution of immunoreactive substance P in opossum esophagus // Dig. Dis. Sci. — 1989. — Vol. 34, No. 4. — P. 513 - 520.
4. Chuyan E.N. History of the department of physiology and animal rights and biophysics / E.N. Chuyan // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2011. - Vol. 24 (63), No 2. - P. 3-21.
5. Cohen, Dennett, Kanwisher, 2016 - Cohen M.A., Dennett D.C., Kanwisher N. What is the bandwidth of perceptual experience // Trends in Cognitive Sciences. 2016. Vol. 20. No. 5. P. 324-335.
6. De Waal, F. B. M.; Pokorny, J. J. Faces and Behinds: Chimpanzee Sex Perception (АНГЛ.) // Advanced Science Letters (АНГЛ.)русск. : journal. — 2008. — Vol. 1. — P. 99. — doi:10.1166/asl.2008.006
7. Doelling K. B., Arnal L. H., Ghitza O. [et al.] Acoustic landmarks drive delta-theta oscillations to enable speech comprehension by facilitating perceptual parsing Neuroimage. 15, 761 (2014).
8. File SE. Factors controlling measures of anxiety and responses to novelty in the mouse. Behav Brain Res. 2001;125:151–157.
9. Gagarin A.V. Ekologia cheloveka dlya psihologa: per-spektivnye prikladnye napravleniya [Human ecology for the psychologist: promising application areas]// Akmeologia [Acmeology], № 3, 2015, S. 192.
10. Hall CS. Emotional behavior in the rat: defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. J. Comp. Psychol. 1934;18:385–403.

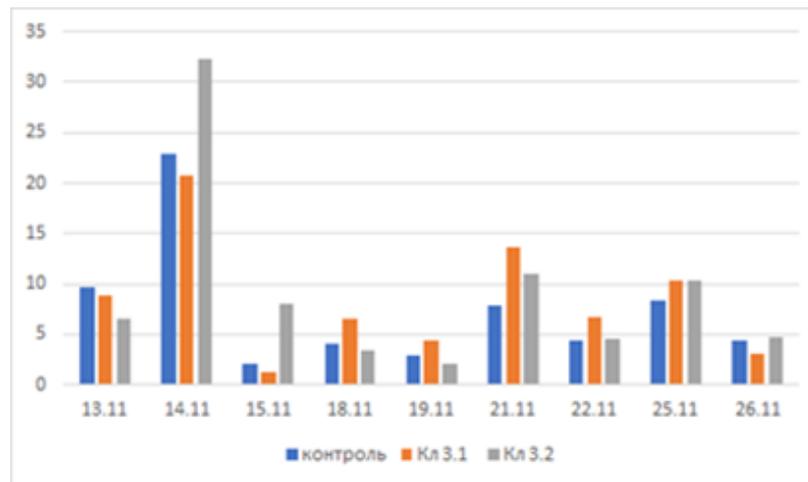
11. Hall, John (2011). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (12th ed.). Philadelphia, Pa.: Saunders/Elsevier. p. 3. ISBN 978-1-4160-4574-8.
12. Han H, Du W, Zhou B, Zhang W, Xu G, Niu R, Sun Z. Effects of chronic fluoride exposure on object recognition memory and mRNA expression of SNARE complex in hippocampus of male mice. *Biol. Trace Elem. Res.* 2014;158:58–64. [PubMed] [Google Scholar]
13. Hartley, Tom; Burgess, N.; Lever, C.; Cacucci, F.; O'Keefe, J. (2000). "Modeling place fields in terms of the cortical inputs to the hippocampus". *Hippocampus.* 10 (4): 369–379.
14. Holmes A, Parmigiani S, Ferrari PF, Palanza P, Rodgers RJ. Behavioral profile of wild mice in the elevated plus-maze test for anxiety. *Physiol Behav.* 2000;71:509–516.
15. Hyafil A., Fontolan L., Kabdebon C. [et al.] Speech encoding by coupled cortical theta and gamma oscillations. *Elife.* 4, 123 (2015).
16. Kuleskaya N, Voikar V. Assessment of mouse anxiety-like behavior in the light-dark box and open-field arena: role of equipment and procedure. *Phys. Behav.* 2014;133:30–38. [PubMed] [Google Scholar]
17. Kulkarni SK, Sharma AC. Elevated plus-maze: a novel psychobehavioral tool to measure anxiety in rodents. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 1991;13:573–577.
18. Moreira V.B, Mattaraia V.G.M., Moura A.S. Lifetime Reproductive Efficiency of BALB/c Mouse Pairs after an Environmental Modification at 3 Mating Ages. *J Am Assoc Lab Anim Sci.* 2015. Vol. 54 (1): 29-34.
19. Noguchi T., Utsugi C., Kashiwayanagi M. Soft-diet feeding impairs neural transmission between mitral cells and interneurons in the mouse olfactory bulb. *Arch Oral Biol.* 2017: 209-13. DOI: 10.1016/j.archoralbio.
20. Pearce, Jeremy (March 24, 2006). "Dr. James H. Schwartz, 73, Who Studied the Basis of Memory, Dies". *The New York Times.* Retrieved December 27, 2019.
21. Pellow S, Chopin P, File SE, Briley M. Validation of open:closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *J Neurosci Methods.* 1985;14:149–167.

22. Prut L, Belzung C. The open field as a paradigm to measure the effects of drugs on anxiety-like behaviors: a review. *Eur. J. of Pharm.* 2003;463:3–33.
23. Pyster, A., D. Olwell, N. Hutchison, S. Enck, J. Anthony, D. Henry, and A. Squires (eds). *Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK) version 1.0.* — The Trustees of the Stevens Institute of Technology, 2012.
24. Rampling, M. W. (2016). "The history of the theory of the circulation of the blood". *Clinical Hemorheology and Microcirculation.* 64 (4): 541–549.
25. Rodgers RJ, Cole JC. Influence of social isolation, gender, strain, and prior novelty on plus-maze behaviour in mice. *Physiol Behav.* 1993;54:729–736.
26. Sayed A.A., Ali A.A., Mohamed H.R.H. Fertility enhancing efficacy of Cicer arietinum in male albino mice. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand).* 2018; Vol. 64 (4): 29–38.
27. Silva RC, Brandao ML. Acute and chronic effects of gepirone and fluoxetine in rats tested in the elevated plus-maze: an ethological analysis. *Pharmacol Biochem Behav.* 2000;65:209–216.
28. Stowe JR, Liu Y, Curtis JT, Freeman ME, Wang Z. Species differences in anxiety-related responses in male prairie and meadow voles: the effects of social isolation. *Physiol Behav.* 2005;86:369–378.
29. Tannenbaum B, Anisman H. Impact of chronic intermittent challenges in stressor-susceptible and resilient strains of mice. *Biol. Psych.* 2003;53:292–303.
30. Utsugi C., Miyazono S., Osada K., Sasajima H., Noguchi T., Matsuda M., Kashiwayanagi M. Hard-diet feeding recovers neurogenesis in the subventricular zone and olfactory functions of mice impaired by soft-diet feeding. *PLoS One.* 2014. Vol. 9 (5). DOI: 10.1371/journal.pone.0097309.
31. Walker M., Fureix C., Palme R. et al. Mixed-strain housing for female C57BL/6, DBA/2, and BALB/c mice: validating a split-plot design that promotes refinement and reduction. *BMC Med Res Methodol.* 2016. Vol. 16: 11. DOI: 10.1186/s12874-016-0113-7.
32. Webster DG, Baumgardner DJ, Dewsbury DA. Open field behavior in eight taxa of murine rodents. *Bull. Psychonom. Soc.* 1979;13:90–92.

33. Wojtlowaska-Wiechetek D., Tworus R., Dziuk M., Petrovic A. Estimation of usefulness of positron emission tomography (PET) in the diagnosis of post-traumatic stress disorders-preliminary report. *Studies in Health Technology and Informatics: Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 2013, no. 191, pp. 178-180.
34. Ya. V. Gorinaa, Yu. K. Komlevaa, O. L. Lopatinaa, V. Volkovab, A. Chernykhc, A. Shabalovaa, A. Semenchukova, R. Olovyannikovaa, A Salminaa The Battery of Tests for Experimental Behavioral Phenotyping of Aging Animals // *Advances in Gerontology*, 2017, Vol. 7, No. 2, pp. 137–142
35. Айдаркин Е.К., Павловская М.А., Старостин А.Н. Влияние функционального состояния на эффективность сенсомоторной интеграции // *Валеология*. 2011. № 4. С. 75-102.
36. Алексеев Н. Г., Леонтович А. В., Обухов А. В., Фомина Л. Ф. Концепция развития исследовательской деятельности учащихся // *Исследовательская работа школьников*. - 2002. - № 1.
37. Байбородова Л.В. Проектная деятельность школьников в разновозрастных группах: пособие для учителей общеобр. организ. / Л.В. Байбородова, Л.Н. Серебренников. М.: Просвещение, 2013. 175 с.
38. Беребин, М.А. Нейробиологические, нейрокомпьютерные и нейровизуализационные аспекты исследования стресса и постстрессовых расстройств (литературный обзор) / М.А. Беребин, А.А. Пашков // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология»*. - 2017. - Т. 10, № 1. - С. 106-120.
39. Векторный принцип кодирования в мозге образной информации / Г.В. Лосик // *Материалы 3-й всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях»*. - Нижний Новгород, 2015.
40. Дюжикова, Н. А., Даев, Е. В. (2018) Геном и стресс-реакция у животных и человека. *Экологическая генетика*, т. 16, № 1, с. 4-26. DOI: 10.17816/ecogen1614-26
41. Дюжикова, Н. А., Скоморохова, Е. Б., Вайдо, А. И. (2015) Эпигенетические механизмы формирования постстрессорных состояний. *Успехи физиологических наук*, т. 46, № 1, с. 47-75.

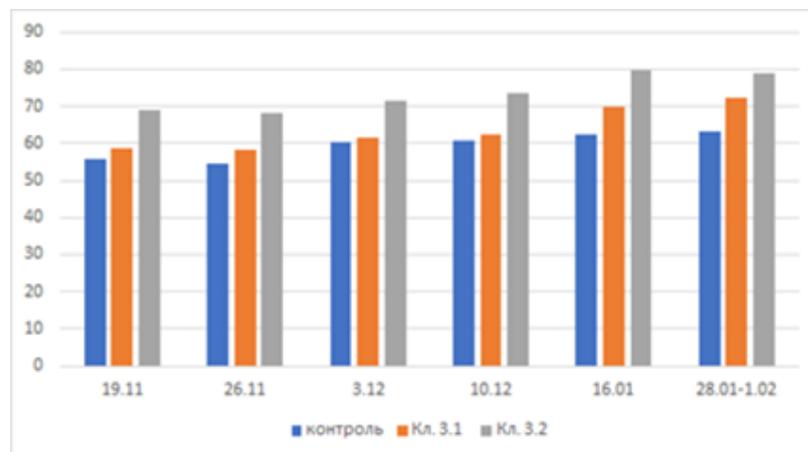
42. Зайченко М. И., Ванециан Г. Л., Мержанова Г. Х. Различия в поведении импульсивных и самоконтролирующих крыс при исследовании их в тестах открытого поля и светло-темной камеры // Журн. высш. нерв. деятельности. - 2011. - 61 (3) - Р.р. 340-350.
43. Когнитом: гиперсетевая модель мозга / К.В. Анохин // Материалы конференции «Нейроинформатика».- М., 2015.
44. Кожевников С. П. Изменение параметров межполушарной асимметрии при моделировании агрессивного поведения / С. П. Кожевников, И. В. Проничев // Журн. высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. - 2012. - Т. 62, № 1. - С. 5-11.
45. Колесникова И.А., Горчакова-Сибирская М.П. Педагогическое проектирование. - М.: Академия, 2007.
46. Мамылина Н.В., Павлова В.И., 2013. Физиологические аспекты поведенческой активности животных в условиях эмоционального стресса: монография. - Челябинск: Изд-во ЗАО «Цицеро», 2013. - 298 с.
47. Никитина Л. А. Влияние исследовательской компетентности на качество методической подготовки: моногр. Барнаул: АлтГПА, 2009. 205 с.
48. Никитина Л. А. Исследовательские проекты в методической подготовке педагога: учеб.-метод. пос. Барнаул: АлтГПА, 2009. 96 с.
49. Пахомова Н.Ю. Метод учебного проекта в образовательном учреждении. - М.: АРКТИ, 2005.
50. Пермяков А.А., Елисеева Е.В., Юдицкий А.Д., Л.С. Исакова. Поведенческие реакции у экспериментальных животных с различной прогностической устойчивостью к стрессу в тесте «Открытое поле»// Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. - 2013. - № 3. - С. 83-90.
51. Савенков, А. И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению / А. И. Савенков. – М., 2006. -С. 34.
52. Саульская Н. Б. Генерализация страха в моделях на животных: нейрофизиологические механизмы и возможные мишени коррекции // Успехи физиологических наук. - 2018. - Т. 49, № 4, С. 118.

- 53.Симонов П. В. Эмоциональный мозг. — М.: Наука, 1981. — С. 20.
- 54.Спонтанность агрессии // Лоренц К. Агрессия (так называемое «зло»). — М.: Прогресс: Универс, 1994. — Гл. 4.
- 55.Тетиор А.Н. Новая концепция философского осмысления мира и эволюции живой природы. - Российская Академия Естественных Наук, 2015. - 235 с.
- 56.Шахмарданова С.А., Шахмарданов А.З. Антигипоксическая активность металлокомплексов цинка, кобальта и железа и их влияние на поведение животных // Вестник ВГУ Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2014. -№ 4. - С. 142-146.
- 57.Шурыгина Л.В., Кравцов А.А., Злищева Э.И., Полещук Л.А., Абрамова Н.О., Кондратова Л.А. Влияние кофенина на активность глутатионпероксидазы в мозге стрессированных мышей // Проблемы современной биологии: Материалы XIII Международной научно-практической конференции (15.07.2014). - М.: издательство «Спутник+», 2014. - С. 10-13.



**Рисунок 14-**Динамика суточного потребления корма (г/клетка) лабораторными мышами

*Примечание:* на этом и других рисунках синий столбик- контрольные животные. Оранжевый и серый- животные, получавшие в период полового созревания высоко энергетические добавки к рациону. По оси абсцисс даты проведения тестирования.



**Рисунок 15-**Динамика показателя средней массы тела у контрольных и опытных мышей

## Результаты исследования в тесте «Открытое поле»

Линия мышей	Пересечение периферических квадратов	Пересечение центральных квадратов	Спонтанная двигательная активность $100 * (\text{центр} / \text{центр} + \text{периферия})$	Груминг	Количество стоек в периферических квадратах	Норковый рефлекс	Количество дефекаций
<b>Контрольные животные</b>							
Мышь №1	105	9	$100 * (9/9 + 100) = 7,9\%$	5	24	4	6
Мышь №2	111	29	$100 * (29/29 + 111) = 20,7\%$	3	24	4	4
Мышь №3	115	25	$100 * (25/25 + 115) = 17,8\%$	1	20	12	0
<b>Экспериментальные животные</b>							
Мышь №1	43	4	$100 * (4/4 + 43) = 8,5\%$	3	9	5	0
Мышь №2	59	10	$100 * (10/10 + 59) = 14,5\%$	3	12	6	2
Мышь №3	76	10	$100 * (10/10 + 76) = 11,6\%$	2	5	6	1

## Продолжение приложения Б

МЫ ШЬ №4	41	9	$100*(9/9+41)= 18\%$	2	6	2	5
МЫ ШЬ №5	56	11	$100*(11/11+56)=16,4\%$	1	14	6	0
МЫ ШЬ №6	95	37	$100*(37/37+95)= 28\%$	1	23	13	0