

Успехи в науках о природе

Achievements in Natural Sciences / Fortschritte in den Naturwissenschaften

УДК 591.1:591.5:599.323.4



Геворкян В.С.

Исследование воздействия одних и тех же стресс-факторов на поведение крыс разных видов и линий

Геворкян Вячеслав Сергеевич, магистр зоотехнии, инженер Кафедры физиологии, этологии и биохимии животных Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-3337-567X>

E-mail: vyacheslav-s-gevorgyan@j-spacetime.com; guevorgyan@yandex.ru

В наши дни стресс сельскохозяйственных животных сделался серьёзной проблемой для животноводства. По мере внедрения в сельское хозяйство новых технологий эта проблема становится всё более сложной и требует всё более углублённых исследований. В статье представлены результаты изучения стрессоустойчивости и исследовательской активности крыс разных видов и линий при воздействии на них одних и тех же стресс-факторов. Проведена оценка эмоциональной реакции крыс при действии ряда стресс-факторов.

Ключевые слова: крысы; стресс; стресс-фактор; тест «Открытое поле»; принудительное плавание; иммобилизация; подвешивание за хвост.

Введение

По определению Г. Селье, стресс — это совокупность неспецифических адаптационных (нормальных) реакций организма на воздействие различных неблагоприятных физических или психологических факторов — стрессоров (или стресс-факторов), нарушающее его гомеостаз, а также состояние как нервной системы организма, так и организма в целом [Селье 1982; Селье 1994; Selye 1946; Selye 1976]. В настоящее время по форме проявления стресса выделяют такие его основные виды, как физиологический (другое название — биологический) стресс, психологический стресс, эмоциональный стресс. По характеру воздействия стресс-факторов различают нервно-психический, тепловой или холодный (температурный), световой, болевой, депривационный, иммобилизационный, химический (медикаментозный) и другие стрессы (например, облучения и т.д.) [Голиков 1985; Гуськов 1994; Даев 2006; Даев, Суринов, Дукельская 2008; Ковальчикова 1986; Степанчук 2013; Цибульников, Маслов, Нарыжная, и др. 2016].

В наши дни стресс сельскохозяйственных животных сделался серьёзной проблемой для животноводства [Плященко, Сидоров 1987]. По мере внедрения в сельское хозяйство новых технологий эта проблема становится всё более сложной, что объясняется целым рядом причин и факторов. Причиной стресса могут стать беспокойная обстановка, крики, шум,

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

необычные и незнакомые запахи, яркий свет, подгон животных, и даже пища. Во время перевозки животных причиной стресса могут стать как тряска и толчки на дорогах, так и скученность, плохая вентиляция, изменение температурно-влажностного режима, и т.д. Интенсификация животноводства, осуществляемая в мире в наши дни, приводит не только к увеличению стресс-факторов, но и к тому, что многие современные технологии выращивания и содержания сельскохозяйственных животных приходят в противоречие с особенностями их физиологии, которые возникли и оформились у животных в процессе эволюции [Плященко, Сидоров 1987]. На современных животноводческих предприятиях сельскохозяйственные животные подвергаются воздействию гораздо большего числа стрессовых факторов, чем это было в прошлые столетия, на заре индустриализации сельского хозяйства. Такое мощное воздействие стрессовых факторов самым существенным образом сказывается на плодовитости, откорме, развитии животных и, в конечном счёте, может привести к их гибели. Поэтому, глубокие и всесторонние исследования воздействия стресса на живые организмы обретают в наши дни особую актуальность [Плященко, Сидоров 1987].

В выполненных различными авторами исследованиях защитно-физиологических функций организма в условиях нормы и патологии содержатся данные, которые отражают, как правило, доминирующую роль нервной и гуморальной систем [Щукин 1983]. Вместе с тем, в настоящее время накопилось достаточно много свидетельств того, что во всех ответных реакциях организма на стрессирующий раздражитель активное участие принимает также и генетический аппарат [Алфимова и др. 2009; Зарудин, Семенов 1978; Митрофанов, Гаскин 1975; Петров и др. 1966; Юматов и др. 1979; Hamburg, Kessler 1967; Koch 1976; Weaver et al. 2006; Weiss-Geissler 2004]. Однако, как справедливо отмечено в работах доктора биол. наук Ф.И. Ингель и её коллег [Ингель и др. 1997; Ингель, Ревазова 1999], во-первых, одного лишь факта признания участия генотипа в реакциях на стресс совершенно недостаточно для выяснения места и роли генотипа в качестве одного из звеньев системы регуляции защитно-физиологических функций живых организмов. Во-вторых, комплексные исследования генетических аспектов стресса пока ещё не настолько многочисленны, как это необходимо для успешного решения проблемы взаимосвязи генотипа и реакции организма на стресс [Ингель и др. 1997; Ингель, Ревазова 1999].

Актуальность предпринятого нами исследования обусловлена ещё и тем, что изучение влияния одних и тех же стресс-факторов на животных одного рода, но разного вида и линий способствует выяснению механизма участия генотипа в реакциях на стресс, и, тем самым, более глубокому изучению механизмов долгосрочных последствий стресса [Вайдо, Дюжикова, Ширяева, и др. 2009].

1. Материалы и методика экспериментальных исследований

В ходе исследований [Геворкян 2017] нами был использован тест «Открытое поле». Согласно существующим в современной науке представлениям, у крыс в тесте «Открытое поле» проявляются ориентировочно-исследовательская и защитно-оборонительная поведенческие реакции [Бородкина и др. 2007]. Так, например, крысы реагируют замиранием на новые, потенциально опасные стимулы. Эта реакция имеет неоспоримую адаптивную значимость, так как неподвижность уменьшает возможность акустического или визуального обнаружения зверька хищниками. Замирание можно вызвать широким диапазоном стимулов, при этом важно, чтобы стимульная ситуация способствовала выявлению отдельных элементов активности. Самое простое решение — поместить зверька в ярко освещённую камеру, которая значительно больше, чем клетка, где живёт крыса. Именно эта идея лежит в основе теста «Открытое поле», автором которого является Келвин С. Холл [Hall 1936].

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ



Келвин С. Холл (Calvin S. Hall, 1909—1985), американский психолог, автор теста «Открытое поле». Фото с сайта <http://www2.ucsc.edu/dreams/About/calvin.html>.

Так как неподвижность можно рассматривать как симптом страха, а интенсивность страха, вызванного стандартным стимулом, отражает эмоциональное состояние крысы, то её поведение в «Открытом поле» обычно используют в качестве простого теста на эмоциональность. Эмоциональные состояния также сопровождаются различными вегетативными явлениями (ускорение сердечного ритма, кожно-гальваническая реакция¹, расширение зрачков и т.д.).

¹ Кожно-гальваническая реакция (КГР) — биоэлектрическая реакция, регистрируемая с поверхности кожи.

Вегетативная функция, которую легко учитывать вместе с измерением активности, — это дефекация [Hall 1934]. По наблюдениям К. Холла, страх, который испытывают животные при помещении их в новую, а значит, потенциально опасную среду, сопровождается высоким уровнем дефекации. Более эмоциональные крысы меньше передвигаются в «Открытом поле», и у них наблюдается высокий уровень дефекации. Менее эмоциональные крысы много передвигаются, но имеют низкий уровень дефекации.

Если эмоциональное состояние крыс оценивается по числу болюсов², уриаций, груминговой активности³, времени их

² Болюс (лат. bolus, от греч. βώλος — ком, кусок) — кусок частично пережёванной пищи, разжиженная фармацевтическая или иная субстанция, жидкость в объёме одного глотка во рту, а также в процессе прохождения до желудка через глотку, верхний пищеводный сфинктер и пищевод. Газовый болюс — порция воздуха, проходящая из желудка через пищевод в глотку при отрыжке.

³ Груминг (от англ. grooming — холить, чистить лошадь) — уход за мехом, телом. Существует в форме индивидуального грумина, или автогруминга, и груминга, адресованного к социальному — партнёру (аллогруминга).

замирания, то ориентировочно-исследовательскую реакцию крыс оценивают, как правило, по горизонтальной и вертикальной двигательной активности, по продолжительности реакции обнюхивания [Подковкин, Иванов 2009].

В наших экспериментах были задействованы 12 крыс-самок в возрасте 6 месяцев, с массой тела в пределах от 227 до 286 грамм (табл. 1).

Таблица 1

Возраст и масса тела подопытных крыс

№ особи	Пол особи	Возраст особи (месяцы)	Масса тела (граммы)	№ особи	Пол особи	Возраст особи (месяцы)	Масса тела (граммы)
1	ж	6	261,0	7	ж	6	248,0
2	ж	6	241,0	8	ж	6	224,0
3	ж	6	240,0	9	ж	6	254,0
4	ж	6	243,0	10	ж	6	290,0
5	ж	6	227,0	11	ж	6	277,0
6	ж	6	259,0	12	ж	6	286,0

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

Крысы для экспериментов были предоставлены Кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К.А. Тимирязева. Эксперименты проводились нами в период с 24 февраля по 29 апреля 2015 г.

Крысы были сведены в 4 группы; в каждой группе было по 3 крысы одного из следующих видов и линий:

- серые крысы вида *Rattus norvegicus*;
- чёрные крысы вида *Rattus rattus*;
- крысы декоративные линии «капюшон»;
- крысы декоративные линии «дабл-рекс».

До введения в эксперимент крысы содержались в стандартных условиях вивария в металлических клетках с пластмассовым дном в группах по 3 крысы в каждой клетке. Размеры клеток (длина × ширина × высота): 42 × 32 × 14 мм. Площадь, приходящаяся на одну крысу, составляла 448 кв. см.

В «Открытом поле» крысы обследовались четырежды. В нашем случае «Открытое поле» представляло собой прямоугольную площадку размером 78 × 84 см, площадью 6552 кв. см, ограждённую по всему периметру фанерной стенкой высотой 25 см и толщиной 0,8 см. Площадка разграфлена на квадраты стороной 6 × 6 см и представляет собой поле 13 × 14 (всего 182) клеток (**рис. 1**).



Рис. 1. Площадка («полигон») для теста «Открытое поле». Фото В.С. Геворкяна.

При тестировании крыса помещалась в середину «Открытого поля», и засекалось время. Длительность нахождения крысы в «Открытом поле» составляла 10 минут. Все действия, связанные с тестированием в «Открытом поле», выполнялись в период времени с 13.00 до 20.00.

При каждом тестировании крыс в «Открытом поле» нами оценивались следующие параметры:

- горизонтальная двигательная активность (ГДА) крысы (определялась путём подсчёта количества клеточек, пройденных зверьком за время тестирования);
- вертикальная двигательная активность (ВДА) крысы (определялась путём подсчёта количества стоек, выполненных зверьком за время тестирования);
- количество и продолжительность замираний, выполненных крысой за время тестирования;
- количество актов дефекации, выполненных крысой за время тестирования (определялась путём подсчёта количества катышков крысиного помёта);
- количество и продолжительность актов груминга, выполненных крысой за время тестирования.

Процесс тестирования крыс в «Открытом поле» в обязательном порядке снимался на видеокамеру. Результаты видеосъёмки потом обрабатывались и заносились в сводную таблицу.

Первое тестирование крыс в «Открытом поле» было выполнено за 3 суток до того, как они стали подвергаться стрессу в ходе испытаний. После первого тестирования крысы были помещены обратно в свои клетки на отдых в течение 3-х дней (**рис. 2**).

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ



Рис. 2. Крысы линии дабл-рекс, отдыхающие в перерыве между экспериментами. Фото В.С. Геворкяна.

После трёхдневного отдыха крысы подверглись принудительному плаванию. Принудительное плавание осуществлялось в специально изготовленном нами стакане из поливинилхлоридной трубы.

Геометрические характеристики стакана были следующие: высота (по внешней стенке) — 80 см; глубина (по внутренней стенке) — 79 см; диаметр внешний — 10,5 см; диаметр внутренний — 10,0 см; высота края стакана над уровнем воды — 10 см (**рис. 3А**). Крыса погружалась в воду на 10 минут. Температура воды составляла от 22 до 23 °С.

Сразу же после завершения процедуры принудительного плавания крыса помещалась в «Открытое поле», где подвергалась тестированию по описанной выше методике (это было второе по счёту тестирование). После завершения испытаний крыса извлекалась из открытого поля и помещалась в свою клетку на отдых в течение 2-х дней.

После двухдневного отдыха крысы подвергались подвешиванию за хвост. Испытательный стенд для подвешивания крыс был изготовлен мной и представлял собой трёхстенный шкафчик из дерево-стружечных плит. Геометрические характеристики испытательного стенда были следующие: высота по внешней стороне — 83,5 см, по внутренней — 80,0 см; ширина по внешней стороне — 23,0 см, по внутренней — 20,0 см; глубина по внешней стороне — 20 см, по внутренней — 18 см (**рис. 3Б**).

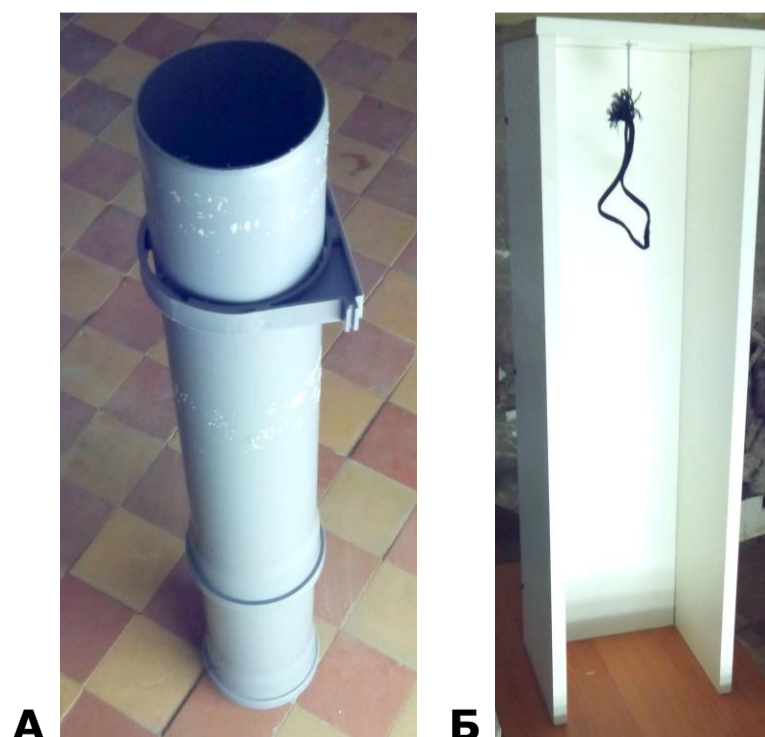


Рис. 3. Оборудование для экспериментального стрессирования крыс: **А** — стакан для принудительного плавания крыс; **Б** — стенд для подвешивания крыс за хвост. Конструкции и фото В.С. Геворкяна.

К хвосту крысы липкой лентой («сантехнический скотч») прикреплялась специально изготовленная из шнура петля, и за эту петлю крыса подвешивалась за специальный крюк на испытательном стенде. Подвешивание осуществлялось в течение 10 минут.

Сразу же после завершения процедуры подвешивания крыса помещалась в «Открытое поле», где подвергалась тестированию по описанной выше методике (это было третье по счёту тестирование в «Открытом поле»). После завершения испытаний крыса извлекалась из «Открытого поля» и вновь помещалась в свою клетку на отдых в течение 2-х дней.

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

После очередного двухдневного отдыха крысы подвергались иммобилизации в специально изготовленном мной пластмассовом пенале, геометрические характеристики которого были следующими: длина — 28,5 см; ширина — 4,5 см; высота — 4,0 см. Крыса помещалась в пенал, и крышка его закрывалась (**рис. 4**). Продолжительность иммобилизации составляла 10 минут.

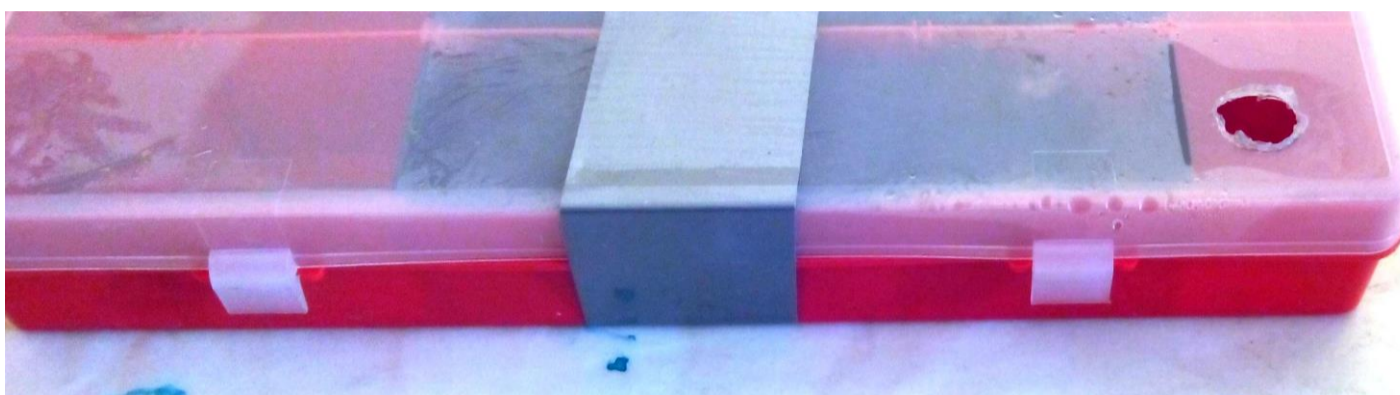


Рис. 4. Пенал для иммобилизации крыс. Конструкция и фото В.С. Геворкяна

Сразу же после завершения процедуры иммобилизации крыса помещалась в «Открытое поле», где подвергалась тестированию по описанной выше методике (четвёртое по счёту тестирование). После завершения испытаний крыса извлекалась из «Открытого поля» и помещалась в свою клетку (**рис. 5**).

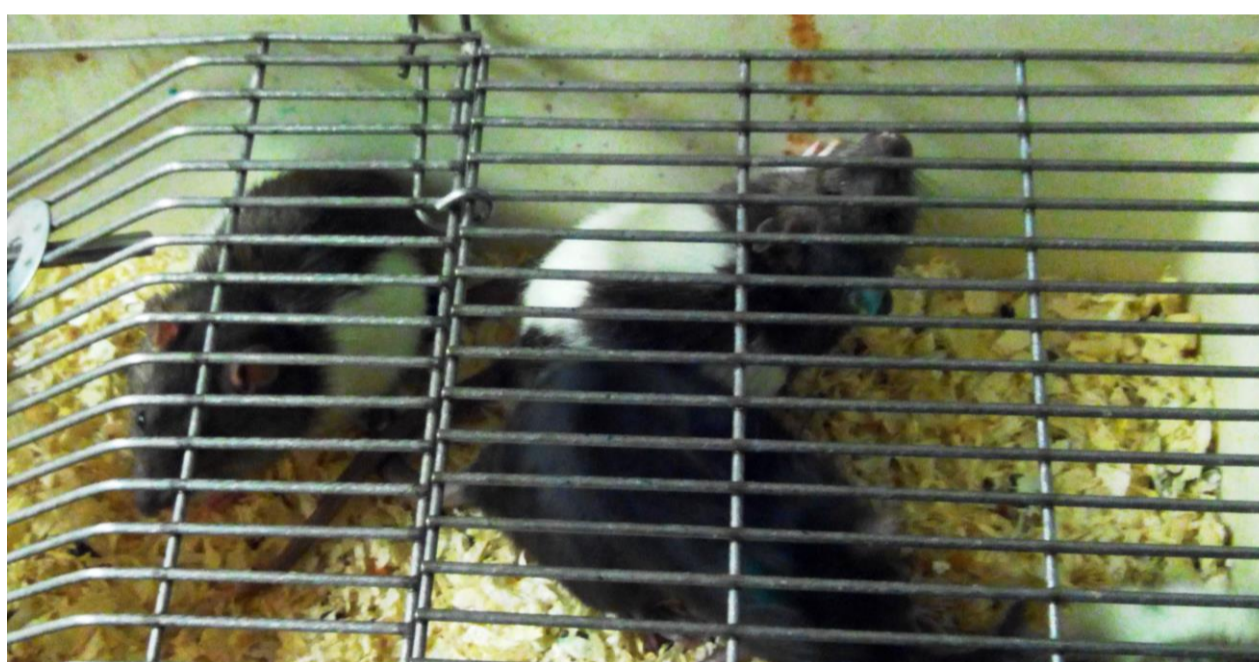


Рис. 5. Капюшоновые крысы, отдыхающие в перерыве между экспериментами. Фото В.С. Геворкяна

Результаты выполненных экспериментов были подвергнуты биометрической обработке с использованием *t*-критерия Стьюдента [Дёрффель 1994; Петров 2013]. Соответствующие вычисления были выполнены в компьютерной программе Microsoft Excel.

2. Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

Диаграммы, построенные по результатам выполненных нами экспериментов, показали следующее (см. **рис. 6, 7**):

1. Три группы крыс (капюшоновые, чёрные и дабл-рекс) после всех видов стрессирования (принудительное плавание, подвешивание за хвост, иммобилизация в пенале) проявили в ходе тестирования в «Открытом поле» снижение горизонтальной двигательной активности (ГДА) по сравнению с результатами тестирования этих крыс в «Открытом поле» до того, как они были подвергнуты названным видам стрессирования.

2. Все четыре группы крыс (капюшоновые, серые, чёрные, дабл-рекс) после всех видов стрессирования (принудительное плавание, подвешивание за хвост, иммобилизация) проявили в ходе тестирования в «Открытом поле» снижение вертикальной двигательной активности (ВДА) по сравнению с результатами их тестирования в «Открытом поле» до того, как они были подвергнуты стрессированию.

3. По сравнению с полученными до начала стрессирования результатами испытаний в «Открытом поле» капюшоновые крысы показали увеличение количества замираний в «Открытом поле» только после принудительного

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

плавания; крысы дабл-рекс показали увеличение количества замираний в «Открытом поле» после всех видов испытаний (принудительное плавание, подвешивание за хвост, иммобилизация); серые крысы показали увеличение количества замираний в «Открытом поле» только после иммобилизации; чёрные крысы показали увеличение количества замираний в «Открытом поле» после подвешивания и иммобилизации.

4. По сравнению с полученными до начала стрессирования результатами испытаний в «Открытом поле» чёрные и капюшоновые крысы показали увеличение продолжительности (времени) замираний в «Открытом поле» после всех видов стрессирования; серые крысы показали увеличение продолжительности замираний в «Открытом поле» после принудительного плавания и после иммобилизации; крысы дабл-рекс показали увеличение продолжительности замираний в «Открытом поле» после принудительного плавания и после подвешивания за хвост.

5. По сравнению с полученными до начала стрессирования результатами испытаний в «Открытом поле» показали снижение количества актов дефекации все четыре группы крыс после всех видов стрессирования.

6. По сравнению с полученными до начала стрессирования результатами испытаний в «Открытом поле» только серые крысы и только после иммобилизации показали увеличение количества актов груминга; во всех остальных случаях все группы крыс после всех видов стрессирования показали снижение количества актов груминга.

7. По сравнению с полученными до начала стрессирования результатами испытаний в «Открытом поле» увеличение продолжительности (времени) актов груминга показали капюшоновые крысы — после подвешивания за хвост и после иммобилизации; серые крысы — после подвешивания за хвост и после иммобилизации; чёрные крысы — после принудительного плавания и после иммобилизации; крысы дабл-рекс — после всех видов стрессирования.

Согласно диаграммам на **рис. 6А**, после каждого вида стрессирования сумма показателей горизонтальной двигательной активности (ГДА) серых и чёрных крыс всегда была больше суммы показателей горизонтальной двигательной активности (ГДА) светлоокрашенных капюшоновых крыс и крыс дабл-рекс. Точно так же, согласно диаграммам на **рис. 6Б**, после каждого вида стрессирования сумма показателей вертикальной двигательной активности (ВДА) серых и чёрных крыс всегда была больше суммы вертикальной двигательной активности (ВДА) светлоокрашенных капюшоновых крыс и крыс дабл-рекс. Как известно, высокие показатели ГДА и ВДА являются свидетельством активности зверьков [Худякова, Баженова 2012; Червова 2007]. Тем самым, высокие суммарные показатели ГДА и ВДА серых и чёрных крыс свидетельствуют об их более высокой активности по сравнению со светлоокрашенными капюшоновыми крысами и почти голыми крысами дабл-рекс с их очень редким волосяным покровом. Этот результат, полученный нами, согласуется с результатами экспериментальных исследований профессора З.А. Зориной и её коллег [Зорина, Полетаева, Резникова 2002], а также Н.А. Худяковой и Т.В. Баженовой [Худякова, Баженова 2012], показавшими, что животные тёмного окраса (пигментированные) проявляют более высокую двигательную активность, чем животные светлого окраса (либо слабо пигментированные).

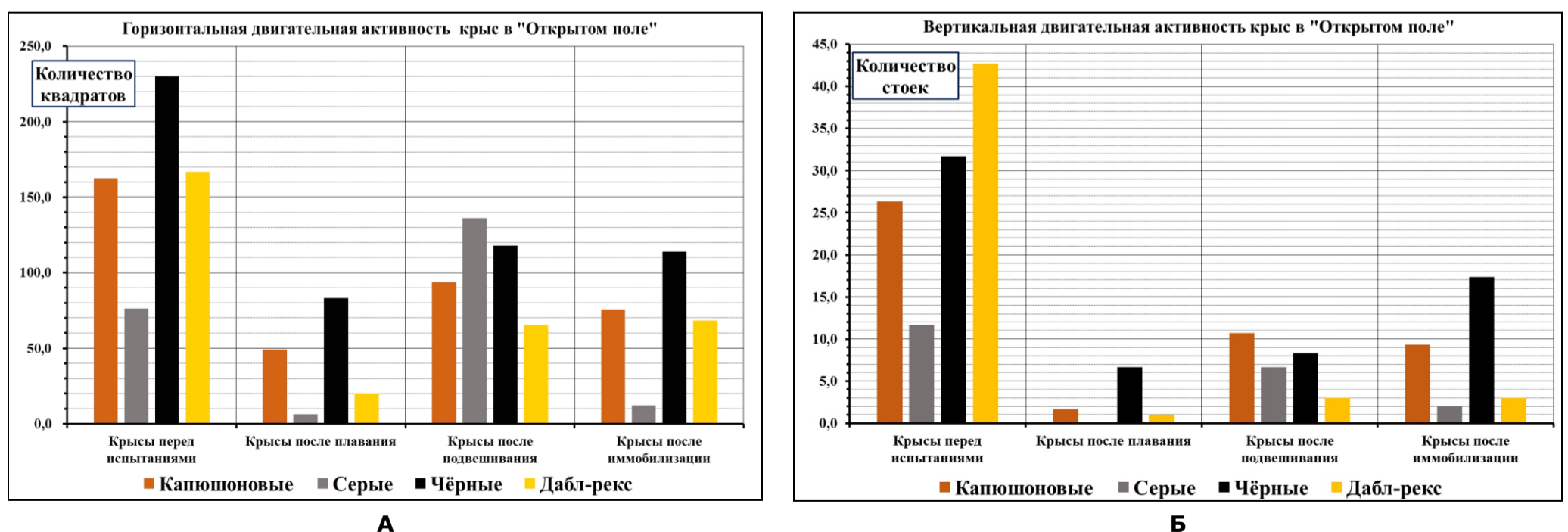


Рис. 6. Осреднённые по группам подопытных крыс показатели их горизонтальной (А) и вертикальной (Б) двигательной активности в «Открытом поле». Данные на диаграмме представлены по видам испытаний

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

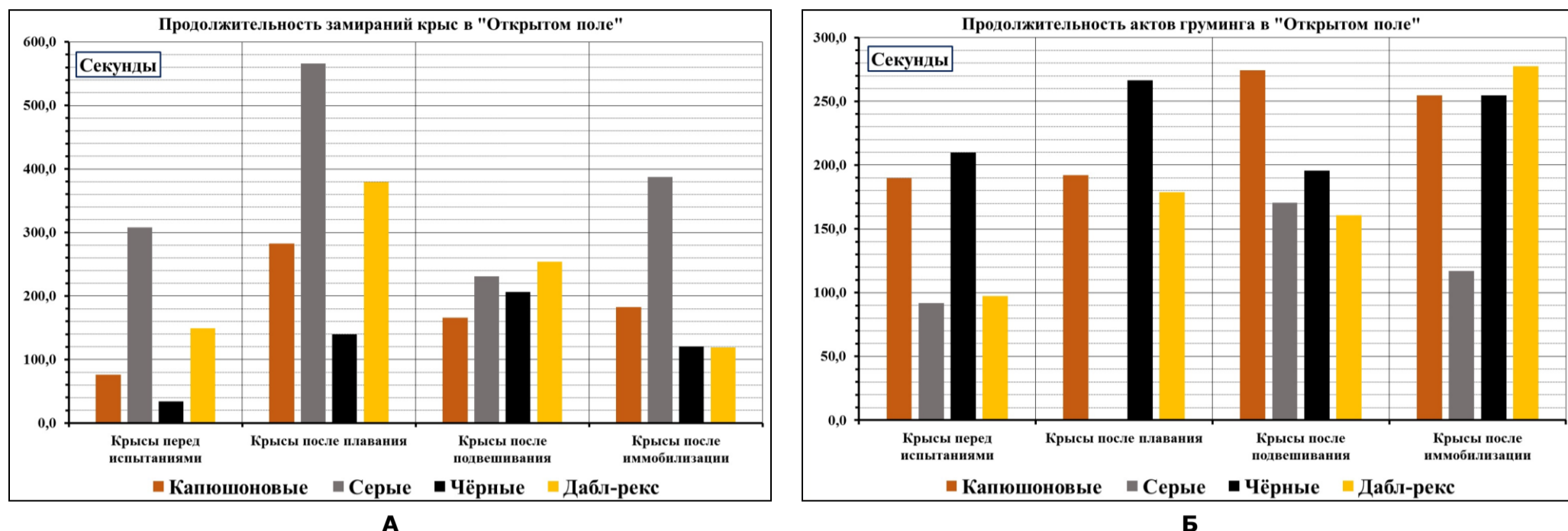


Рис. 7. Осреднённые по группам подопытных крыс показатели общей продолжительности актов их замираний (А) и груминга (Б) в «Открытом поле». Данные на диаграмме представлены по видам испытаний

Поскольку большая частота груминга является у крыс признаком тревоги [Худякова, Баженова 2012; Червова 2007], а высокие показатели актов дефекации также указывают на беспокойство и тревожность зверьков [Буреш, Бурешова, Хьюстон 1992, Худякова, Баженова 2012], то, согласно полученным нами экспериментальным данным, из всех трёх стресс-факторов наиболее сильное стрессирующее действие на капюшоновых и чёрных крыс оказало подвешивание за хвост, а на серых крыс и крыс дабл-рекс — иммобилизация (рис. 7Б, табл. 4, 5).

Результаты статистической обработки (по t-критерию Стьюдента) полученных нами экспериментальных данных представлены в табл. 2—5.

Таблица 2

Показатели исследовательской активности подопытных крыс в «Открытом поле»

Показатели исследовательской активности	Показатели стрессового состояния крыс															
	До испытаний				После принудительного плавания				После подвешивания за хвост				После иммобилизации			
	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс
Горизонтальная активность (кол-во квадратов) Средние значения по группам	162,67	109,67	230,0	166,67	49,33*	6,33**	83,33*	20,0*	93,67	136,0	118,0*	65,33	75,67	12,33**	114,0	68,33
Вертикальная активность (кол-во квадратов) Средние значения по группам	26,33	11,67	31,67	42,67	1,67*	0,0*	6,67*	1,0*	10,67*	6,67*	8,33*	3,0*	9,33*	2,0*	17,33	3,0*

Звёздочкой (*) и двумя звёздочками (**) отмечены данные, полученные нами после стрессирования крыс и показавшие статистически достоверную **разность** (при доверительной вероятности соответственно $\alpha = 0,75$ и $\alpha = 0,95$) с соответствующими показателями, полученными до начала стрессирования подопытных крыс.

Таблица 3

Показатели актов замирания подопытных крыс в «Открытом поле»

Показатели	Показатели стрессового состояния крыс
------------	---------------------------------------

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

актов замирания	До испытаний				После принудительного пла- вания				После подвешивания за хвост				После иммобилизации			
	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс
Количество актов замираний (n, раз) Средние значения по группам	4,33	4,67	2,0	2,0	6,0	1,67*	1,67	4,33	3,67	4,67	10,33**	7,67**	3,67	8,67*	5,67**	4,67*
Продолжительность актов замираний (t, сек) Средние значения по группам	76,33	307,67	34,33	149	282,33*	566,33**	139,67	379,67**	165,67	230,67	206,67**	254,33	182,33	387,67*	120,33**	119,33

Звёздочкой (*) и двумя звёздочками (**) отмечены данные, полученные нами после стрессирования крыс и показавшие статистически достоверную **разность** (при доверительной вероятности соответственно $\alpha = 0,75$ и $\alpha = 0,95$) с соответствующими показателями, полученными до начала стрессирования подопытных крыс.

Таблица 4

Показатели актов дефекации подопытных крыс в «Открытом поле»

Показатели актов дефекации	Показатели стрессового состояния крыс															
	До испытаний				После принудительного пла- вания				После подвешивания за хвост				После иммобилизации			
	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс
Количество болюсов (n, штук) Средние значения по группам	1,67	0,67	4,67	1,67	0,0	0,0*	0,0**	0,33	0,0	0,0*	0,33**	0,33	0,67	0,67	1,67**	0,33

Звёздочкой (*) и двумя звёздочками (**) отмечены данные, полученные нами после стрессирования крыс и показавшие статистически достоверную **разность** (при доверительной вероятности соответственно $\alpha = 0,75$ и $\alpha = 0,95$) с соответствующими показателями, полученными до начала стрессирования подопытных крыс.

Таблица 2

Показатели актов груминга подопытных крыс в «Открытом поле»

Показатели актов груминга	Показатели стрессового состояния крыс															
	До испытаний				После принудительного пла- вания				После подвешивания за хвост				После иммобилизации			
	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс	Капюшоновые	Серые	Чёрные	Дабл-рекс
Количество актов груминга (n, раз) Средние значения по группам	9,33	6,33	11,33	12,0	7,0*	0,0**	7,0*	5,0*	9,0	6,0	8,67	6,67	7,0	8,67	7,0*	8,0

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

Продолжительность актов груминга (t, сек) Средние значения по группам	189,96	91,67	209,67	97,33	192,0	0,0**	266,33	178,67	274,33*	170,33	195,67	169,67**	294,67	117,0	254,67	277,67*
--	--------	-------	--------	-------	-------	-------	--------	--------	---------	--------	--------	----------	--------	-------	--------	---------

Звёздочкой (*) и двумя звёздочками (**) отмечены данные, полученные нами после стрессирования крыс и показавшие статистически достоверную **разность** (при доверительной вероятности соответственно $\alpha = 0,75$ и $\alpha = 0,95$) с соответствующими показателями, полученными до начала стрессирования подопытных крыс.

Статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 95\%$) различия результатов испытаний в «Открытом поле» до начала стрессирования и после принудительного плавания крыс были выявлены при анализе:

- показателей горизонтальной двигательной активности (ГДА) в «Открытом поле» — для группы серых крыс;
- показателей продолжительности (времени) замирания в «Открытом поле» — для группы серых крыс и группы крыс линии дабл-рекс;
- показателей количества актов дефекации в «Открытом поле» — для группы чёрных крыс;
- показателей количества актов груминга в «Открытом поле» — для группы серых крыс;
- показателей продолжительности (времени) актов груминга в «Открытом поле» — для группы серых крыс.

Статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 95\%$) различия результатов испытаний в «Открытом поле» до начала стрессирования и после подвешивания крыс за хвост были выявлены при анализе:

- показателей количества замираний в «Открытом поле» — для группы чёрных крыс и группы крыс линии дабл-рекс;
- показателей продолжительности (времени) замирания в «Открытом поле» — для группы чёрных крыс;
- показателей количества актов дефекации в «Открытом поле» — для группы чёрных крыс;
- показателей продолжительности (времени) актов груминга в «Открытом поле» — для группы крыс линии дабл-рекс.

Статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 95\%$) различия результатов испытаний в «Открытом поле» до начала стрессирования и после иммобилизации крыс были выявлены при анализе:

- показателей горизонтальной двигательной активности (ГДА) в «Открытом поле» — для группы серых крыс;
- показателей количества замираний в «Открытом поле» — для группы чёрных крыс;
- показателей продолжительности (времени) замирания в «Открытом поле» — для группы чёрных крыс;
- показателей количества актов дефекации в «Открытом поле» — для группы чёрных крыс.

Статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$) различия результатов испытаний в «Открытом поле» до начала стрессирования и после принудительного плавания были выявлены для всех групп крыс при анализе показателей горизонтальной двигательной активности (ГДА), вертикальной двигательной активности (ВДА) и количества актов груминга. По количеству замираний статистически значимые различия (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$) до начала стрессирования и после принудительного плавания показали крысы капюшоновые, серые и дабл-рекс.

Статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$) различия результатов испытаний в «Открытом поле» до начала стрессирования и после подвешивания за хвост были выявлены для всех групп крыс при анализе показателей вертикальной двигательной активности (ВДА).

Статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$) различия результатов испытаний в «Открытом поле» до начала стрессирования и после иммобилизации были выявлены при анализе показателей вертикальной двигательной активности (ВДА) для крыс капюшоновых, серых и дабл-рекс; а при анализе показателей количества замираний — для крыс серых, чёрных и дабл-рекс.

Во всех остальных случаях, представленных в **табл. 2–5**, статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$) различия показателей поведения подопытных крыс в «Открытом поле» **до и после стрессирования** были получены для одних и тех же показателей при одних и тех же испытаниях только для одиночных групп или же для пар-

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

ных сочетаний групп подопытных крыс.

Представленные в **табл. 2—5** результаты обработки (по t-критерию Стьюдента) полученных нами экспериментальных данных позволяют выявить статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 95\%$ и $\alpha = 75\%$) различия показателей поведения в «Открытом поле» опытных групп крыс, участвующих **в одном и том же виде испытаний**.

Так, **после принудительного плавания крыс выявлены статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 95\%$) различия показателей:**

- количества замираний в «Открытом поле» — между капюшоновыми и серыми крысами, между капюшоновыми и чёрными крысами;
- продолжительности (времени) замирания в «Открытом поле» — между чёрными и серыми крысами, между чёрными и крысами дабл-рекс;
- количества актов груминга в «Открытом поле» — между капюшоновыми и серыми крысами;
- продолжительности (времени) актов груминга в «Открытом поле» — между чёрными и серыми крысами.

После принудительного плавания крыс выявлены статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$) различия показателей:

- горизонтальной двигательной активности (ГДА) в «Открытом поле» — между капюшоновыми и чёрными крысами, чёрными и серыми, серыми и дабл-рекс;
- количества замираний в «Открытом поле» — между капюшоновыми и чёрными крысами, капюшоновыми и серыми крысами;
- продолжительности замираний в «Открытом поле» — между всеми группами подопытных крыс, за исключением пары «дابل-рекс — серые крысы»;
- количества актов груминга в «Открытом поле» — между капюшоновыми и серыми крысами, чёрными и серыми крысами, крысами дабл-рекс и серыми;
- продолжительности (времени) актов груминга в «Открытом поле» — между капюшоновыми и серыми крысами, капюшоновыми и чёрными крысами, чёрными и серыми крысами.

После подвешивания крыс за хвост выявлены статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 95\%$) различия показателей:

- количества замираний в «Открытом поле» — между чёрными и серыми крысами; между чёрными и капюшоновыми крысами;
- продолжительности (времени) актов груминга в «Открытом поле» — между серыми и капюшоновыми крысами.

После подвешивания крыс за хвост выявлены статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$) различия показателей:

- горизонтальной двигательной активности (ГДА) в «Открытом поле» — между серыми и чёрными крысами, крысами дабл-рекс и серыми, крысами дабл-рекс и чёрными;
- вертикальной двигательной активности (ВДА) в «Открытом поле» — между серыми и чёрными крысами;
- количества замираний в «Открытом поле» — между капюшоновыми и чёрными крысами, капюшоновыми и крысами дабл-рекс, чёрными и серыми крысами, серыми и крысами дабл-рекс;
- продолжительности (времени) замираний в «Открытом поле» — между дабл-рекс и чёрными крысами;
- количества актов груминга в «Открытом поле» — между капюшоновыми и серыми крысами, чёрными и серыми крысами, дабл-рекс и чёрными крысами;
- продолжительности (времени) актов груминга в «Открытом поле» — между капюшоновыми крысами и дабл-рекс, капюшоновыми и серыми крысами, чёрными крысами и крысами дабл-рекс.

После иммобилизации крыс выявлены статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 95\%$)

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ**различия показателей:**

- горизонтальной двигательной активности (ГДА) в «Открытом поле» — между чёрными крысами и крысами дабл-рекс;
- количества замираний в «Открытом поле» — между серыми и капюшоновыми крысами;
- продолжительности (времени) замирания в «Открытом поле» — между серыми и чёрными крысами, между серыми и крысами дабл-рекс.

После иммобилизации крыс выявлены статистически значимые (с доверительной вероятностью $\alpha = 75\%$)**различия показателей:**

- горизонтальной двигательной активности (ГДА) в «Открытом поле» — между всеми группами подопытных крыс, за исключением пары «капюшоновые крысы — крысы дабл-рекс»;
- вертикальной двигательной активности (ВДА) в «Открытом поле» — между серыми и чёрными крысами, чёрными и крысами дабл-рекс;
- количества замираний в «Открытом поле» — между капюшоновыми и серыми крысами, серыми и крысами дабл-рекс;
- продолжительности (времени) замираний в «Открытом поле» — между серыми и чёрными крысами, дабл-рекс и серыми крысами;
- количества актов дефекации в «Открытом поле» — между чёрными и серыми крысами, чёрными крысами и крысами дабл-рекс;
- количества актов груминга в «Открытом поле» — между чёрными и серыми крысами;
- продолжительности (времени) актов груминга в «Открытом поле» — между чёрными и серыми крысами, серыми крысами и крысами дабл-рекс.

В целом, по совокупности результатов всех выполненных нами экспериментов можно с уверенностью утверждать, что одни и те же стресс-факторы по-разному воздействуют на крыс разных видов и линий. Отсюда мы вправе сделать вывод, что генотип подопытных животных существенным образом определяет реакцию их организма на стресс. Сделанный нами вывод согласуется с результатами исследований С.В. Попова [Попов 2011] и Н. Кука [Cook 2012], показавших на обширном видовом материале, что реакция животных на стресс имеет видовую специфику.

В заключение считаем нужным обратить внимание на следующее. В настоящее время в различных лабораториях в ходе экспериментов довольно широко практикуется формирование групп подопытных крыс по три-четыре особи в группе [Акопян 2014; Белоусова, Мкртчян 1976; Нагапетян, Арутюнян 2011; Нагапетян, Арутюнян, Бабаханян, и др. 2012]. Однако, как показывают, с одной стороны, теория математической статистики [Дёрффель 1994, Петров 2013], а, с другой стороны, исследовательская практика, надёжные и достоверные результаты можно получить, экспериментируя с большими группами подопытных крыс, включающих от 10—12 до 15—20, и даже более (до 25), особей в каждой группе [Саркисов и др. 2007, 2010; Томова и др. 2014; Худякова, Баженова 2012; Цибульников и др. 2016]. Рост численности групп способствует увеличению количества получаемых экспериментальных данных и уменьшению их разброса, а также повышает число степеней свободы ν при статистической обработке, — всё вместе это содействует повышению доверительной вероятности.

Поэтому, мы рекомендуем повторить выполненные нами исследования воздействия одних и тех же стресс-факторов на поведение крыс разных линий и разных видов, но увеличив при этом количество подопытных крыс в экспериментальных группах. Принимая во внимание все материальные сложности, связанные с обеспечением многочисленности таких групп, мы предлагаем увеличить количество подопытных крыс в группах всего лишь до 6 особей в группе. Внося такое предложение, мы учитываем также описанную в научной литературе успешную практику экспериментирования с группами, состоящими именно из 6 особей [Арутюнян и др. 2007; Даев и др. 2008].

Во-вторых, можно ожидать, что крысы разных генотипов реагируют по-разному на воздействие холода, но, чтобы дать достоверный ответ на этот вопрос, необходимо провести специальное исследование. Поэтому, мы рекомендуем при проведении дальнейших исследований реакций крыс разных линий и разных видов на действие стресс-факторов включать в состав лабораторных испытаний не только принудительное плавание, подвешивание за хвост и иммобилизацию в пенале, но ещё и стрессирование крыс кратковременным действием холода. Если исходить из опубликованных С.Ю. Ци-

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

бульниковым и его коллегами данных [Цибульников и др. 2016], то для наших целей стрессирование крыс холодом следует осуществлять при температуре $T = +4^{\circ}\text{C}$, в пределах времени от 1,5 до 8,0 часов.

В-третьих, при выполнении такого рода исследований мы рекомендуем увеличить продолжительность иммобилизации крыс с 10 минут до 1 часа. Согласно опубликованным данным, даже пятисуточная изоляция не влияет на показатели исследовательской активности крыс, хотя и снижает сумму актов дефекаций и уринаций [Подковкин, Иванов 2009], но уже одночасовой иммобилизационный стресс оказывает на иммунную систему крыс подавляющее действие, которое сопровождается признаками десинхроноза⁴ [Степанчук 2013].

⁴ Десинхроноз — изменение различных физиологических и психических функций организма в результате нарушения суточных ритмов его функциональных систем.

Выполнение таких исследований позволит уточнить имеющиеся представления о реакции крыс разных генотипов на воздействие одних и тех же стресс-факторов.

Выводы

Результаты выполненных нами экспериментальных исследований воздействия одних и тех же стресс-факторов на поведение четырёх групп подопытных крыс разных видов и линий — чёрных крыс (вид *Rattus rattus*), серых крыс (вид *Rattus norvegicus*), крыс линии «капюшон» и крыс линии «дабл-рекс» — позволяют сделать следующие выводы.

1. Одни и те же стресс-факторы по-разному влияют на поведение крыс разных видов и линий. Соответственно, реакция крыс на воздействие одного и того же стресс-фактора различается в зависимости от их (крыс) вида и линии.

2. Чёрные крысы проявили наиболее высокую двигательную активность после всех испытаний. Средний показатель ГДА по всем трём видам стрессирования составил у них 105,1 квадратов в «Открытом поле», у капюшоновых крыс — 72,9; у серых крыс — 51,6; у крыс дабл-рекс — 51,2.

3. Наиболее сильную эмоциональную реакцию у чёрных крыс вызвало принудительное плавание, после которого общая продолжительность актов груминга составила у них 266,3 секунды. У серых и капюшоновых крыс наиболее сильную эмоциональную реакцию вызвало подвешивание за хвост, после которого общая продолжительность актов груминга составила у них соответственно 170,3 и 274,3 сек. У крыс дабл-рекс самую сильную эмоциональную реакцию вызвала иммобилизация, после которой общая продолжительность актов груминга составила у них 277,7 сек. При этом, средний показатель продолжительности груминга по всем трём видам испытаний составил у чёрных крыс 238,9 сек., у капюшоновых — 240,3 сек., у серых крыс — 95,8 сек., у крыс дабл-рекс — 205,7 сек.

4. Наиболее стрессоустойчивой оказалась группа чёрных крыс, у которых сумма средних показателей продолжительности груминга и замираний оказалась наименьшей и составила 394,5 сек.

Рекомендации для дальнейших исследований

1. Поскольку крысы являются модельными объектами в биологии и медицине, то результаты выполненного нами исследования могут быть использованы при изучении роли генетических факторов в защитных реакциях организма против действия различных стресс-факторов.

2. Представляется целесообразным при проведении дальнейших исследований реакций крыс разных линий и разных видов на действие стресс-факторов включать в состав лабораторных испытаний не только принудительное плавание, подвешивание за хвост и иммобилизацию в пенале, но ещё и стрессирование крыс кратковременным действием холода при температуре $T = +4^{\circ}\text{C}$, в интервале времени продолжительностью от 1,5 до 8,0 часов. На наш взгляд, добавление такого нового вида испытаний будет способствовать большей полноте картины поведения подопытных животных под действием стресс-факторов.

3. Представляется целесообразным при исследовании реакций крыс разных линий и разных видов на действие стресс-факторов увеличить продолжительность иммобилизации крыс с 10 минут до 1 часа.

4. Для повышения надёжности и достоверности результатов экспериментов следует увеличить минимальное количество подопытных крыс в экспериментальных группах до 6 особей в группе.

5. Для исследования воздействия стресс-факторов на поведение крыс нами было разработано и сконструировано соответствующее лабораторное оборудование [Геворкян 2017]:

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

- стакан для принудительного плавания крыс;
- стенд для подвешивания крыс за хвост;
- пенал для иммобилизации крыс.

Это оборудование показало свою надёжность и удобство при выполнении наших экспериментов по стрессированию крыс, и поэтому может быть с успехом использовано в дальнейшей экспериментальной работе.

6. Кроме исследований воздействия на крыс различных стресс-факторов, нами в течение длительного времени проводились эксперименты с добавлением к суточному рациону крыс хлебного кваса. Эти эксперименты показали, что у крыс, которые в дополнение к своему рациону регулярно получали хлебный квас (без ограничений), в полтора — два раза увеличилась продолжительность жизни (по сравнению с контрольными крысами). Представляется целесообразным продолжение таких исследований, поскольку полученные нами результаты требуют дополнительного подтверждения и дальнейшего уточнения.

Благодарности. Автор выражает свою искреннюю благодарность доктору биологических наук Ю.А. Мазингу за ценные советы и обсуждение данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян Н.Э. Проявление половых различий при исследовании спонтанного поведения крыс в условиях новизны // Биологический журнал Армении. 2014. Т. 66. № 1. С. 36 — 40.
2. Алфимова М.В., Голимбет В.Е., Бархатова А.Н., Голубев С.А., Коровайцева Г.И. Роль генотип-средовых взаимодействий в развитии симптомов тревоги и депрессии при стрессе, связанном с болезнью члена семьи // Журнал неврологии и психиатрии. 2009. № 12. С. 50 — 54.
3. Арутюнян Р.А., Нагапетян Х.О., Мартиросян С.Ш. Роль β -адреноблокатора обзидана в регуляции температурного гомеостаза у крыс разного возраста при стрессе // Биологический журнал Армении. 2007. Т. 59. № 3 — 4. С. 215 — 219.
4. Белоусова Т.А., Мкртчян А.Г. Ультраструктура симпатических волокон миокарда мышцы в условиях действия экзогенного фактора роста нервной ткани // Биологический журнал Армении. 1976. Т. 29. № 10. С. 11 — 17.
5. Бородкина Л.Е., Епишина В.В., Багметов М.Н., Тюренков И.Н. Изучение влияния нового производного ГАМК РГПУ-189 на изменения поведения у животных, вызванные острым стрессом, в сравнении с пирацетамом // Фундаментальные исследования. 2007. № 4. С. 61.
6. Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Дж.П. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. М.: Высшая школа, 1992. 399 с.
7. Вайдо А.И., Дюжикова Н.А., Ширяева Н.В., Соколова Н.Е., Вшивцева В.В., Савенко Ю.Н. Системный контроль молекулярно-клеточных и эпигенетических механизмов долгосрочных последствий стресса // Генетика. 2009. Т. 45. № 3. С. 342 — 348.
8. Геворкян В.С. Влияние стресс-факторов на поведение крыс разных видов и линий. Диссертация ... магистра зоотехнии. М., 2017. 114 с.
9. Голиков А.Н. Адаптация сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1985. 216 с.
10. Гуськов А.Н. Влияние стресс-фактора на состояние сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1994. 268 с.
11. Даев Е.В. Генетические последствия ольфакторных стрессов у мышей. Автореф. дисс. ... д. биол. н. СПб., 2006. 34 с.
12. Даев Е.В., Суринов Б.П., Дукельская А.В. Влияние постстрессорных хемосигналов на клетки иммунокомпетентных органов у лабораторных мышей трёх инбредных линий // Экологическая генетика. 2008. Т. VI. № 1. С. 27 — 33.
13. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994. 268 с.
14. Зарудин В.В., Семенов В.Ф. Морфологические и функциональные взаимоотношения тимуса и надпочечников у мышей инбредных линий // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

1978. № 5. С. 591 – 594.

15. Зорина З.А., Полетаева И.И., Резникова Ж.И. Основы этологии и генетики поведения. М.: Высшая школа, 2002. 383 с.
16. Ингель Ф.И., Прихожан А.М., Ревазова Ю.А., Цуцман Т.Е. Оценка глубины стресса и ее использование при проведении генетико-токсикологических исследований на людях // Вестник Академии медицинских наук. 1997. № 7. С. 24 – 28.
17. Ингель Ф.И., Ревазова Ю.А. Модификация эмоциональным стрессом мутагенных эффектов ксенобиотиков у животных и человека // Исследования по генетике. Вып. 12. СПб. Изд-во СПбГУ, 1999. С. 86 – 103.
18. Ковальчикова М. Адаптация и стресс при содержании и разведении сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1986. 270 с.
19. Митрофанов И.И., Гаскин Л.З. К вопросу о роли генетических факторов возникновения противомозговых антител при стрессе (экспериментальные исследования на инбредных линиях крыс) // Журнал невропатологии и психиатрии, 1975. Т. 75. № 2. С. 237 – 240.
20. Нагапетян Х.О., Арутюнян Р.А. Влияние дексаметазона на терморегулирующие механизмы у крыс // Биологический журнал Армении. 2011. Т. 63. № 2. С. 64 – 67.
21. Нагапетян Х.О., Арутюнян Р.А., Бабаханян А.М., Никогосян Т.Г. Влияние стевии (*Stevia rebaudiana Bertoni*) на функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем крыс в норме и при стрессе // Биологический журнал Армении. 2012. Т. 64. № 2. С. 63 – 66.
22. Петров П.К. Математико-статистическая обработка и графическое представление результатов педагогических исследований с использованием информационных технологий. Учебное пособие, Ижевск: Удмуртский университет, 2013. 179 с.
23. Петров Р.В., Манько В.М., Пантелеев Э.И. Межлинейные различия антителогенеза у инбредных мышей, иммунизированных одним или двумя антигенами // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1966. № 8. С. 70 – 74.
24. Петров Р.В., Пантелеев Э.И., Манько В.М., Егорова В.С. Межлинейные различия антителогенеза у инбредных мышей и их генетическая обусловленность // Генетика. 1966. № 7. С. 78 – 89.
25. Плященко С.И., Сидоров В.Т. Стрессы у сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1987. 96 с.
26. Подковкин В.Г., Иванов Д.Г. Влияние краткосрочной изоляции на поведение крыс в тесте «Открытое поле» // Успехи современного естествознания. 2009. № 6. С. 12 – 16.
27. Попов С.В. Механизмы поведения млекопитающих: роль стресса и неопределённости среды. Автореф. дисс. ... д. биол. н. М., 2011. 47 с.
28. Саркисов Г.Т., Саркисян Р.Ш., Карапетян Л.М., Акопян Н.Э., Саркисян Ж.С., Мадатова И.Р. Индивидуальные особенности поведения мышей в тесте «Чёрно-белая камера» // Биологический журнал Армении. 2010. Том 62. № 1. С. 23 – 29.
29. Саркисов Г.Т., Саркисян Ж.С., Коваль И.Н., Карапетян Л.М., Мадатова И.Р., Туманян В.А. Индивидуальные особенности поведения крыс в «Открытом поле» и радиально-симметричном лабиринте // Биологический журнал Армении. 2007. Т. 59. № 1 – 2. С. 18 – 21.
30. Селье Г. Стресс без дистресса. М.: Прогресс, 1982. 128 с.
31. Селье Г. Стресс жизни. СПб.: Лейла, 1994. 124 с.
32. Степанчук В.В. Иммобилизационный стресс и хроноритмы гуморального иммунитета у белых крыс // Здоровье и образование в XXI веке. 2013. Т. 15. № 1 – 4. С. 227 – 229.
33. Томова Т.А., Просекина Е.Ю., Замощева Т.А., Матюхина М.В., Фатюшина О.А. Влияние иммобилизации на показатели стресс-реакции у крыс и собак // Вестник Томского Государственного университета. Биология. 2014. № 1 (25). С. 183 – 198.
34. Худякова Н.А., Баженова Т.В. Поведенческая активность линейных и нелинейных мышей разных цветовых вариаций в тесте «Открытое поле» // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2012. Вып. 2. С. 89 – 93.
35. Цибульников С.Ю., Маслов Л.Н., Нарыжная Н.В., Иванов В.В., Лишманов Ю.Б. Особенности адаптации крыс

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

- к хроническому холодовому воздействию // Доклады Академии наук. 2016. Т. 470. № 1. С. 117–119.
36. Червова И.В. Поведенческие, вегетативные и гуморальные корреляты процесса адаптации крыс к условиям «Открытого поля». Автореф. дисс. ... к. биол. н. Барнаул, 2007. 16 с.
 37. Щукин П.И. Конституционально-типологический анализ ответных реакций организма на стрессирующие ее воздействия продуктами метаболизма *Ascaris suum*. Автореф. дисс. ... д. биол. н. М., 1983. 40 с.
 38. Юматов Е.А., Скоцеляс Ю.Г., Иванова Л.И. Динамика изменения артериального давления у крыс в условиях иммобилизации // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1979. № 3. С. 22–26.
 39. Cook N.J. "Review: Minimally Invasive Sampling Media and the Measurement of Corticosteroids as Biomarkers of Stress in Animals." *Canadian Journal of Animal Science* 92.3 (2012) 227–259.
 40. Hall C.S. "Emotional Behavior in the Rat. I. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality". *Journal of Comparative Psychology* 18 (1934): 385–403.
 41. Hall C.S. "Emotional behavior in the Rat. III. The Relationship between Emotionality and Ambulatory Activity." *Journal of Comparative Psychology* 22 (1936): 345–452.
 42. Hamburg D.A., Kessler S. "A Behavioral-endocrine-genetic Approach to Stress Problem." *Memoirs of the Society for Endocrinology* 15 (1967): 249–270.
 43. Koch C. "Genetic Control of Antibody Responses to Pha in Inbred Rats." *Scandinavian Journal of Immunology* 5.10 (1976): 1149–1153.
 44. Selye H. "The General Adaptation Syndrome and the Disease of Adaptation". *Journal of Clinical Endocrinology* 6 (1946): 117–230.
 45. Selye H. "Forty Years of Stress Research: Principal Remaining Problems and Misconceptions." *Canadian Medical Association Journal* 115.1 (1976): 53–56.
 46. Weaver C.G., Meaney M.J., Szyf M. "Maternal Care Effects on the Hippocampal Transcriptome and Anxiety-mediated Behaviors in the Offspring That Are Reversible in Adulthood." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 103.9 (2006): 3480–3485.
 47. Weiss-Geissler E. *Das andere Rattenbuch*. Norderstedt: Books on Demand GmbH Verlag, 2004. 459 S.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11–2011:

Геворкян, В. С. Исследование воздействия одних и тех же стресс-факторов на поведение крыс разных видов и линий [Электронный ресурс] / В.С. Геворкян // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. — 2017. — Т. 15. — Вып. 1: *Studia studiosorum: успехи молодых исследователей*. — Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast15-1.2017.15.

STUDY OF IMPACT OF SAME STRESS FACTORS ON BEHAVIOR OF RATS OF DIFFERENT SPECIES AND LINES

Vyacheslav S. Gevorkyan, Master of Animal Science, engineer at the Chair of Animals Physiology, Ethology and Biochemistry, Russian State Agrarian University — Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow.

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-3337-567X>

E-mail: vyacheslav-s-gevorkyan@j-spacetime.com; guevorkyan@yandex.ru

Nowadays, farm animals' stress is a serious problem in animal husbandry due to the constant growth in the number and complexity of stressors. As the introduction of new technologies into agriculture, this problem becomes more complex and requires more and more in-depth studies. The subject of my research is stress resistance, emotional reaction and research ac-

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

tivity of rats of different species and lines under effect of the same stress factors on them.

Rats of four groups (gray rats *Rattus norvegicus*, black rats *Rattus rattus*, decorative rats of the 'hood' line, decorative rats of the 'double-rex' line) were successively, with rest breaks, subjected to stressing by means of forced swimming, hanging by the tail and immobilization in special box. Each type of experiment was carried out on equipment specially made by me. Immediately after each experiment, rats underwent an open-field test. I captured on video the process of testing rats in the 'open field' and then processed the results qualitatively (visually) and quantitatively (biometrically using the Student's t-test). With each test of rats in the 'open field', I evaluated the following parameters: (i) horizontal motor activity (HMA) of the rat (determined by counting the number of cells traversed by the animal during the testing); (ii) vertical motor activity (VMA) of the rat (determined by counting the number of racks made by the animal during the testing); (iii) the number and duration of fading in rat during the testing; (iv) the number of acts of defecation in rat during the testing (determined by counting the number of rat litters); (v) the number and duration of acts of grooming in rat during testing

Black rats showed the highest motor activity after all the tests. The average HMA for all three types of stressing was 105.1 squares in the 'open field.' The strongest emotional reaction in black rats was caused by forced swimming, after which the total duration of acts of grooming was 266.3 seconds. In gray and 'hood' rats, the most powerful emotional reaction was caused by suspension by the tail, after which the total duration of grooming was 170.3 and 274.3 seconds respectively. In rats of double-rex line, the strongest emotional reaction was caused by immobilization, after which the total duration of grooming was 277.7 seconds. The most stress-resistant was a group of black rats: the sum of the average indicators of the duration of grooming and fading in them was the smallest and amounted to 394.5 seconds.

In addition to research on the effects of various stress factors on rats, we experimented for a long time with the addition of bread kvass to the daily ration of rats. These experiments showed that in rats, which regularly received bread kvass without limitation in addition to their diet, both stress resistance and even life expectancy (compared to control rats) increased 1.5–2 times.

Thus, experimental stressing allowed me to conclude that the same stress factors differently affect the behavior of rats of different species and lines and cause them a different research, motor and emotional response depending on the species and line. As a conclusion, I also propose a set of recommendations for improving the experimental stress in order to increase the reliability and reliability of the experimental results in studying the differences in reactions in rats depending on their species and lines.

Key words: rats; stress; stressor; open field test; forced swimming; immobilization; hanging by tail.

References:

1. Akopyan N.E. "Gender Differences Phenomenon in Studying Spontaneous Rats Behavior under Conditions of Novelty." *Biological Journal of Armenia* 66.1 (2014): 36–40. (In Russian).
2. Alfimova M.V., Golimbet V.E., Barkhatova A.N., Golubev S.A., Korovaytseva G.I. "Role of Genotype-environmental Interactions in Development of Anxiety Symptoms and Depression with Stress Related to Illness of Family Member." *Journal of Neurology and Psychiatry* 12 (2009): 50–54. (In Russian).
3. Arutunyan R.A., Nagapetyan Kh.O., Martirosyan S.Sh. "The Role of β -Adrenoblocator Obsidane for Temperature Homeostasis Regulation in Rats of Different Age under Stress." *Biological Journal of Armenia* 59.3–4 (2007): 215–219. (In Russian).
4. Belousova T.A., Mkrtchyan A.G. "Ultrastructure of the Myocardium Sympathetic Fibers in Mouse under Exogenous Growth Factor of Nervous Tissue". *Biological Journal of Armenia* 29.10 (1976): 11–17. (In Russian).
5. Borodkina L.E., Epishina V.V., Bagmetov M.N., Tyurenkov I.N. "The Study of GABA New Derivative RGPU-189 Influence on Behavior Changes in Animals Induced by Acute Stress, in Comparison with Piracetam." *Fundamental Researches* 4 (2007): 61. (In Russian).
6. Bures J., Burešová O., Huston J.P. *Techniques and Basic Experiments for the Study of Brain and Behavior*. Moscow: Vysshaya shkola Publisher, 1992. 399 p. (In Russian).
7. Chervova I.V. *Behavioral, Autonomic and Humoral Correlates of Rats Adaptation Process to "Open Field."* Synopsis of Sc.D. diss. Barnaul, 2007. 16 p. (In Russian).
8. Cook N.J. "Review: Minimally Invasive Sampling Media and the Measurement of Corticosteroids as Biomarkers of Stress in Animals." *Canadian Journal of Animal Science* 92.3 (2012) 227–259.

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

9. Daev E.V. *Genetic Effects of Olfactory Stress in Mice*. Synopsis of Doctoral diss. St. Petersburg, 2006. 34 p. (In Russian).
10. Daev E.V., Surinov B.P., Dukelskaya A.V. "Post-stress Chemo-signals Influence on Immune Organs Cells in Mice of Three Inbred Lines." *Ecological Genetics* VI.1 (2008): 27 – 33. (In Russian).
11. Doerffel K. *Statistics in Analytical Chemistry*. Moscow: Mir Publisher, 1994. 268 p. (In Russian).
12. Gevorkyan V.S. *Effect of Stress Factors on Behavior of Rats of Different Species and Lines*. Master's Thesis. Moscow, 2017. 114 p. (In Russian).
13. Golikov A.N. *Adaptation of Farm Animals*. Moscow: Agropromizdat Publisher, 1985/ 216 p. (In Russian).
14. Guskov A.N. *Stress Factors Effect on Farm Animals' Condition*. Moscow: Agropromizdat Publisher, 1994. 268 p. (In Russian).
15. Hall C.S. "Emotional Behavior in the Rat. I. Defecation and Urination as Measures of Individual Differences in Emotionality." *Journal of Comparative Psychology* 18 (1934): 385 – 403.
16. Hall C.S. "Emotional Behavior in the Rat. III. The Relationship between Emotionality and Ambulatory Activity." *Journal of Comparative Psychology* 22 (1936): 345 – 452.
17. Hamburg D.A., Kessler S. "A Behavioral-endocrine-genetic Approach to Stress Problem." *Memoirs of the Society for Endocrinology* 15 (1967): 249 – 270.
18. Ingel F.I., Prikhozhan A.M., Revazova Yu.A., Tsutsman T.E. "The Depth of Stress Estimate and Its Use in Genetic-toxicology Studies in Human." *Bulletin of Academy of Medical Sciences* 7 (1997): 24 – 28. (In Russian).
19. Ingel F.I., Revazova Yu.A. "Emotional Stress Modification, Xenobiotics Mutagenic Effects in Animals and Human." *Studies in Genetics*. St. Petersburg: St. Petersburg State University Publisher, 1999, issue 12, pp. 86 – 103. (In Russian).
20. Khudyakova N.A., Bazhenova T.V. "Behavioral Activity of Linear and Nonlinear Mice of Different Color Variations in the 'Open Field' Test." *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences* 2 (2012): 89 – 93. (In Russian).
21. Koch C. "Genetic Control of Antibody Responses to Pha in Inbred Rats." *Scandinavian Journal of Immunology* 5.10 (1976): 1149 – 1153.
22. Kovalchikova M. *Adaptation and Stress in Keeping and Breeding of Farm Animals*. Moscow: Kolos Publisher, 1986. 270 p. (In Russian).
23. Mitrofanov I.I., Gaskin L.Z. "Genetic Factors: Role in Anti-brain Antibodies Emergence under Stress (Experimental Studies on Inbred Lines of Rats)." *Journal of Neuropathology and Psychiatry* 75.2 (1975): 237 – 240. (In Russian).
24. Nagapetyan Kh.H., Arutyunyan R.A. "Dexamethasone Influence on Thermotaxic Mechanisms in Rats." *Biological Journal of Armenia* 63.2 (2011): 64 – 67. (In Russian).
25. Nagapetyan Kh.H., Arutyunyan R.A., Babakhanyan A.M., Nikogosyan T.G. "Effect of *Stevia rebaudiana* Bertoni on Functional State of Cardio-vascular and Respiratory Systems in Rats under Standard Conditions and Stress." *Biological Journal of Armenia* 64.2 (2012): 63 – 66. (In Russian).
26. Petrov P.K. *Mathematical and Statistical Processing and Graphical Representation of Educational Studies Results Using Information Technology*. Izhevsk: Udmurtia University Publisher, 2013. 179 p. (In Russian).
27. Petrov R.V., Manko V.M., Pantelev E.I. "Interline Antibody Production Differences in Inbred Mice Immunized with One or Two Antigens." *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* 8 (1966): 70 – 74. (In Russian).
28. Petrov R.V., Pantelev E.I., Manko V.M., Egorova B.C. "Interline Antibody Production Differences in Inbred Mice and Their Genetic Inheritance." *Genetics* 7 (1966): 78 – 89. (In Russian).
29. Plyashchenko S.I., Sidorov V.T. *Stress in Farm Animals*. Moscow: Agropromizdat Publisher, 1987. 96 p. (In Russian).
30. Podkovkin V.G., Ivanov D.G. "Short-term Isolation Effect on Rats Behavior in 'Open Field' Test." *Successes of Modern Science* 6 (2009): 12 – 16. (In Russian).
31. Popov S.V. *Behavior Mechanisms in Mammals: Role of Stress and Uncertainty Environment*. Synopsis of Doctoral diss. Moscow, 2011. 47 p. (In Russian).
32. Sarkisov G.T., Sarkisyan R.Sh., Karapetyan L.M., Hakopyan N.E., Sarkisyan Zh.S., Madatova I.R. "Individual Differences in Mice Behaviour in 'Black-and-white Camera' Test." *Biological Journal of Armenia* 62.1 (2010): 23 – 29. (In Russian).

ГЕВОРКЯН В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС РАЗНЫХ ВИДОВ И ЛИНИЙ

33. Sarkisov G.T., Sarkisyan Zh.S., Koval I.N., Karapetyan L.M., Madatova I.R., Tumanyan V.A. "Specific Features of Rats Behavior in 'Open Field' and in Radially Symmetric Labyrinth." *Biological Journal of Armenia* 59.1–2 (2007): 18–21. (In Russian).
34. Selye H. "Forty Years of Stress Research: Principal Remaining Problems and Misconceptions." *Canadian Medical Association Journal* 115.1 (1976): 53–56.
35. Selye H. "The General Adaptation Syndrome and the Disease of Adaptation". *Journal of Clinical Endocrinology* 6 (1946): 117–230.
36. Selye H. *Stress of Life*. St. Petersburg: Leyla Publisher, 1994. 124 p. (In Russian).
37. Selye H. *Stress without Distress*. Moscow: Progress Publisher, 1982. 128 p. (In Russian).
38. Shchukin P.I. *The Constitutional-typological Analysis of Organism's Response to Stress-induced Metabolic Products of Ascaris suum*. Synopsis of Doctoral diss. Moscow, 1983. 40 p. (In Russian).
39. Stepanchuk V.V. "Immobilization Stress and Chrono-rhythms of Humoral Immunity in White Rats". *Health and Education in 21st Century* 15.1–4 (2013): 227–229. (In Russian).
40. Tomova T.A., Prosekina E.Yu., Zamoshcheva T.A., Matyukhina M.V., Fatyushina O.A. "Immobilization Effect on Stress Reaction Performance in Rats and Dogs." *Bulletin of the Tomsk State University. Series Biology* 1 (2014): 183–198. (In Russian).
41. Tsibulnikov S.Yu., Maslov L.N., Naryzhnaya N.V., Ivanov V.V., Lishmanov Yu.B. "Peculiarities of Rats Adaptation to Chronic Cold Exposure." *Reports of Academy of Sciences* 470.1 (2016): 117–119. (In Russian).
42. Vaydo A.I., Dyuzhikova N.A., Shiryayeva N.V., Sokolova N.E., Vshivtseva V.V., Savenko Yu.N. "Systemic control of Molecular-Cellular and Epigenetic Mechanisms of Long-term Consequences of Stress." *Genetics* 45.3 (2009): 342–348. (In Russian).
43. Weaver C.G., Meaney M.J., Szyf M. "Maternal Care Effects on the Hippocampal Transcriptome and Anxiety-mediated Behaviors in the Offspring That Are Reversible in Adulthood." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 103.9 (2006): 3480–3485.
44. Weiss-Geissler E. *Das andere Rattenbuch*. Norderstedt: Books on Demand GmbH Verlag, 2004. 459 S.
45. Yumatov E.A., Skotselyas Yu.G., Ivanova L.I. "Dynamics of Changes of Arterial Pressure in Rats in Circumstances of Immobilization." *Pathological Physiology and Experimental Therapy* 3 (1979): 22–26. (In Russian).
46. Zarudin V.V., Semenov V.F. "Morphological and Functional Relationships between Thymus and Adrenal Glands in Mice of Inbred Lines." *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* 5 (1978): 591–594. (In Russian).
47. Zorina Z.A., Poletaeva I.I., Reznikova Zh.I. *Fundamentals of Ethology and Behavior Genetics*. Moscow: Vysshaya shkola Publisher, 2002. 383 p. (In Russian).

Cite MLA 7:

Gevorkyan, V. S. "Study of Impact of Same Stress Factors on Behavior of Rats of Different Species and Lines." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 15.1 (Studia Studiosorum: Achievements of Young Researchers) (2017). Web. <2227-9490e-aprov_r_e-ast15-1.2017.15>. (In Russian).