

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-6-92-106

УДК 57.084.1



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕАКЦИИ КРЫС В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ АЭРОИОНОВ

*О.Р. Бзыков, М.А. Марзоева, З.Г. Хабаева, В.С. Гаппоева,
З.П. Оказова, С.В. Скупневский*

Целью работы была оценка поведения лабораторных крыс при воздействии отрицательных аэроионов с использованием различных поведенческих моделей. Для создания избытка отрицательных аэроионов использовали ионизатор «Гиппократ» (Предприятие «Энергия», г. Набережные Челны, Россия). Воздействие осуществляли ежедневно в течение 2-х часов на протяжении 18-20 дней. В работе были использованы крысы Wistar. Было обнаружено, что по тесту открытого поля, в условиях воздействия отрицательных аэроионов, повышался уровень показателей, отражающих вертикальную и горизонтальную двигательную активность; уменьшались показатели груминга и количество дефекаций; увеличивалась частота обследования отверстий. По тесту приподнятого крестообразного лабиринта достоверно повышались количество посещений открытых и закрытых рукавов, свешиваний с открытых рукавов при одновременном снижении частоты и продолжительности груминга, уменьшении продолжительности и количества замираний. Индекс тревожности в исследованиях изменялся недостоверно. На модели черно-белой камеры изменялось время нахождения крыс в тёмном и светлом отсеках. Крысы опытной группы проводили больше времени в открытом пространстве теста, происходило достоверное увеличение выходов и продолжительности времени выглядываний из тёмного в светлые отсеки. В целом, по использованным моделям поведения, содержание животных в обогащенной аэроионами среде приводило к существенным изменениям поведения животных, повышая активность, эмоциональную реактивность и стрессоустойчивость.

Ключевые слова: *аэроионы; отрицательные аэроионы; поведенческие реакции; картина крови; тест открытое поле; тест приподнятый крестообразный лабиринт; тест черно-белая камера*

Для цитирования. Бзыков О.Р., Марзоева З.Р., Хабаяева З.Г., Гаппоева В.С., Оказова З.П., Скупневский С.В. Поведенческие реакции крыс в условиях воздействия отрицательных аэроионов с использованием различных поведенческих моделей // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, №6. С. 92-106. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-6-92-106

THE USE OF VARIOUS BEHAVIORAL MODELS IN STUDYING THE RESPONSE OF RATS UNDER THE IMPACT OF NEGATIVE AEROIONS

**O.R. Bzykov, Z.A. Marzoeva, Z.G. Khabaeva, V.S. Gappoeva,
Z.P. Okazova, S.V. Skupnevsky**

The aim of the work was to evaluate the behavior of laboratory rats under the influence of negative air ions using various behavioral models. To create an excess of negative air ions, a Hippocrates ionizer (Enterprise Energia, Naberezhnye Chelny, Russia) was used. The exposure was carried out daily for 2 hours for 18-20 days. Wistar rats were used in the work. It was found that according to the open field test, under the influence of negative air ions, the level of indicators reflecting vertical and horizontal motor activity increased; decreased grooming rates and the number of bowel movements; the frequency of examination of holes increased. According to the elevated plus maze test, the number of visits to open and closed arms, hanging from open arms significantly increased with a simultaneous decrease in the frequency and duration of grooming, a decrease in the duration and number of freezes. The index of anxiety in the studies changed insignificantly. On the model of a black-and-white chamber, the time spent by rats in the dark and light compartments varied. The rats of the experimental group spent more time in the open space of the test, there was a significant increase in the exits and the duration of the time of looking out from the dark into the light compartments. In general, according to the behavioral models used, keeping animals in an environment enriched with air ions led to significant changes in the behavior of animals, increasing activity, emotional reactivity and stress resistance.

Keywords: air ions; negative air ions; behavioral reactions; blood picture; open field test; elevated plus maze test; black and white chamber test

For citation. Bzykov O.R., Marzoeva Z.R., Khabaeva Z.G., Gappoeva V.S., Okazova Z.P., Skupnevsky S.V. Behavioral Reactions of Rats under the Influence of Negative Air Ions using Various Behavioral Models. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022, vol. 14, no. 6, pp. 92-106. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-6-92-106

Введение

Общеизвестно, что в атмосфере наряду с молекулярным кислородом имеются заряженные частицы, представленные как свободными электронами, так и ионизированными молекулами различных газов, определяющих электропроводность воздуха и образующих аэроионы. Существуют многочисленные экспериментальные исследования, позволившие создать общую картину ионизации воздуха и кислорода, в частности. Биологическая составляющая действия электрических компонент воздуха – аэроионов была исследована фундаментальными работами А. Л. Чижевского, Л.Л.Васильева, А.А. Минх, А.Р. Krueger, F. Sulman, Olivereau, Н. Israel, Б. М. Смирнова и др. [3, 4, 10].

В рамках этих и последующих исследований были показаны физиологические эффекты воздействия аэроионов на человека, растительные и животные объекты различных типов, классов и видов на разных уровнях организации живой материи от субклеточного до организменного. Определены различия в воздействиях аэроионов в зависимости от их полярности, дозы и продолжительности воздействия, показано наличие привыкания, индивидуальной чувствительности субъектов. Наиболее значимым и разнообразным по своему функциональному проявлению оказалось воздействие отрицательных аэроионов, которое проявлялось в оптимизации деятельности на уровне нервных процессов, дыхательной и кровеносной систем, желез внутренней секреции; выявлены антибактериальные и адаптогенные эффекты воздействия отрицательных аэроионов, проявляющиеся в устойчивости к инфекционным заболеваниям, гипоксии, холоду, радиационному излучению и пр. Отрицательные аэроионы использовались в различных областях медицины и сельского хозяйства. Имеются работы, в которых в качестве источника отрицательных аэроионов предлагается использование растений с высокой потенциальной способностью к генерации аэроионов, оценивается возможность использования их в качестве фактора, способствующего созданию оптимального микроклимата в закрытых помещениях.

В обзорной статье ShuYe Jiang представлены исследования по влиянию отрицательным аэроионам воздуха, выполненные разными авторами в разные годы. Авторы отмечают как наличие противоречивых данных по эффективности воздействия отрицательных ионов воздуха, так и многочисленные работы, свидетельствующие о высокоэффективном снижении твердых частиц, обусловленным отрицательными аэроионами [13, 20].

Разнообразии функционального проявлений активности отрицательных аэроионов послужило основой для представления о наличие универсально-

го механизма действия этих электрических компонентов воздуха. На основе многочисленных экспериментальных исследований, создания способа и устройства для генерации O^2 в газовой фазе Н.И. Гольдштейн выдвигает концепцию, согласно которой в пуле отрицательно заряженных газовых ионов содержится продукт, по своим показателям идентичный супероксидному анион-радикалу O^{2*} . Автор считает, что большую часть отрицательных аэроионов составляет именно супероксидный анион-радикал O^{2*} [5, 14].

Результаты собственных исследований о биологических эффектах воздействия физиологических доз отрицательных аэроионов, создаваемых искусственными генераторами наряду с оптимизирующими эффектами воздействия отрицательных аэроионов на состояние человека и животных, выявили наличие индивидуальной чувствительности к воздействию аэроионов и изменение активности их в условиях экологического загрязнения. Особый интерес для нас представляют исследования поведенческих реакций животных в условиях избытка и недостатка отрицательных аэроионов во вдыхаемом воздухе, т.к. имеются только немногочисленные исследования, выполненные в данном направлении [5, 20].

Интерес к исследованиям такого рода возрастает в связи с глобальными изменениями в атмосфере Земли, загрязняющие разные ее составляющие. В настоящей работе была поставлена задача оценки поведенческих реакций животных в условиях длительного воздействия физиологических доз отрицательных аэроионов на комплексе поведенческих моделей.

Цель работы – оценка поведения белых лабораторных крыс с комплексным использованием отрицательных аэроионов и различных поведенческих моделей.

Материал и методы исследования

Работа выполнена на 45 крысах – самцах, линии Wistar, массой 175-210 г. Учитывая имеющиеся в литературе данные, что 6 и 12 месячные животные обладают высокой стрессоустойчивостью (устойчивость нервной системы, умеренный уровень вегетативного и эмоционального поведения в тесте «ОП», низкий уровень тревожности в незнакомой ситуации в тесте «ПКЛ») в работе были использованы 6-7-ми месячные крысы [2].

Все животные находились в камере, размеры которой предотвращали развитие у них гиподинамии ($65 \times 45 \times 30$ см³); их кормили сухой смесью, с учетом рекомендаций по кормлению мелких позвоночных животных [8].

Для создания избытка отрицательных аэроионов использовали ионизатор «Гиппократ». 2-х часовое воздействие отрицательными аэроионами

осуществляли на протяжении 18-20 дней. Контрольная группа (интактные животные) находились в соседнем помещении. Контроль содержания отрицательных аэроионов в помещении осуществляли с помощью регистратора аэроионов «Сапфир-3М», позволяющего определять количество +/- аэроионов.

Для оценки поведенческих реакций использовали три классические поведенческие модели, характеризующиеся высокой валидностью и обеспечивающих возможность оценки разных реакций животных на воздействия факторов внешней среды: ПКЛ – приподнятый крестообразный лабиринт, ЧБК – черно-белая камера и ОП – открытое поле. Исходя из поставленной цели, в работе не учитывали индивидуальную прогностическую стрессоустойчивость животных, учет поведенческих реакций в условиях обычной и избыточной аэрации отрицательными аэроионами осуществляли по группе в целом. Регистрацию поведенческих реакций осуществляли с помощью цифровой видеосистемы № VS1304 [1, 11].

В тест-системе ОП использовали арену круглой формы белого цвета, с расчерченным и перфорированным дном, диаметром 97 см и высотой - 42 см. Крыса помещалась в центр арены, после чего регистрировали поведенческие реакции в течение 5 минут. Оценивали горизонтальную двигательную активность (ГДА), которую определяли по количеству пересечённых квадратов (квадрат считается пересечённым, если все четыре лапы вошли в его границы) и вертикальную двигательную активность (ВДА) - по количеству стоек.

Исследовательскую активность определяли по количеству обследований (обнюхиваний) отверстий на дне пола и по латентному периоду (время начала движения). Одновременно подсчитывалось количество и время груминга (умывательные движения), количество и продолжительность замираний, а также число актов дефекаций.

Тест ПКЛ был выполнен в черном цвете и представлял собой перекрещенные рукава, расположенные друг напротив друга (два рукава закрыты). Длина рукавов - 50 см, ширина – 14 см, высота – 30 см. Крысу помещали на центральную площадку мордой к открытому рукаву (противоположно экспериментатору). В анализируемые параметры входили: время в центре, время и количество посещений открытых и закрытых рукавов; количество свешиваний с открытых рукавов и вертикальных стоек; время, количество груминга и замираний; число дефекаций [18].

ЧБК – это ящик, разделённый перегородкой на две части, покрашенные в белый и в чёрный цвета с крышкой сверху. Размеры темного и светлого

отсеков составляли 30 x 30 см по диаметру, с высотой стенок - 30 см. Животное помещали в белый отсек мордой к отверстию в перегородке. Фиксировали латентный период захода в тёмный отсек, время, проведённое в тёмном и светлом отсеках, количество и время выглядываний из темной части ящика, количество выходов, число дефекаций [16, 19].

После каждого эксперимента, установки тщательно протирали водой и спиртом. Общая продолжительной регистрации поведенческих реакций во всех трех моделях составляла 5 минут.

Учитывая имеющуюся в литературе информацию о стрессогенности, используемых в работе экспериментальных установок поведенческие реакции оценивали в следующей последовательности: ОП – ПКЛ – ЧБК. Статистическую обработку данных осуществляли по критерию Стьюдента (для некоррелированных выборок) с использованием компьютерной программы «Statistica 6.0». Достоверными считались различия при $p < 0,05$.

Исследовательская работа выполнена в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.), и ГОСТ 33216-2014 «Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами». В экспериментальной части использовано минимально допустимое число лабораторных животных в соответствии с применяемым методом статистической обработки получаемых результатов.

Результаты исследований и их обсуждение

Использование батареи поведенческих моделей позволило определить особенности поведенческих реакций крыс в условиях обычной и избыточной аэризации. Результаты обработки данных по тесту ОП выявили достоверные различия практически по всем анализируемым параметрам. В условиях избытка отрицательных аэроионов повышались показатели, отражающие вертикальную ($p < 0,05$) и горизонтальную ($p < 0,01$) двигательную активность; снижались показатели груминга и количество дефекаций ($p < 0,01$); увеличивалась частота обследования отверстий ($p < 0,01$). Результаты представлены в таблице 1.

В соответствии с существующей интерпретацией данных по «Открытому полю», всё многообразие реакций и их характеристику можно разделить на составляющие, отражающие исследовательскую активность (вертикальные стойки и обследование норок-отверстий), эмоциональную реактивность (груминг, дефекация, замирания), локомоторную активность (горизонтальная двигательная активность, латентный период первого дви-

жения). В рамках этих представлений наблюдаемые изменения свидетельствуют о резко возрастающей поисковой (исследовательской) активности животных, которая проявилась в обеих формах двигательной активности и в повышении частоты обследования отверстий после 2-х часового нахождения животных в условиях избыточной аэронизации. В таком случае, уменьшение числа дефекаций, продолжительность и частота проявления груминга в условиях воздействия отрицательных аэроионов являются отражением снижения реакции страха (уменьшение проявления стрессовой реакции), формирующихся в результате воздействия стрессогенных условий среды (воздействие установки). Снижение показателей, отражающих груминг, уменьшение количества замираний и их продолжительности отражают повышение исследовательской активности животных опытной группы [6, 9, 15].

Таблица 1.

Поведенческие реакции крыс в условиях воздействия отрицательных аэроионов на модели «Открытое поле»

Поведенческие характеристики	Контроль		Избыток отрицательных аэроионов
	Статистические показатели		
	M±m	p	M±m
ЛППД*, с	7.46±1.50	>0.05	4.3±0.5
ГДА**, шт	19.1±3.5	<0.01	58.80±10
ВДА***, шт	3.8±0.9	<0.05	7.5±0.9
Кол-во груминга, шт	1.6±0.1	<0.001	0.3±0.2
Время груминга, с	22.0±2.3	<0.001	2.0±1.2
Кол-во замираний, шт	2.6±0.1	<0.01	1.2±0.3
Время замираний, с	67.9±12.1	>0.05	29.5±14.8
Кол-во дефекаций, шт	0.9±0.3	<0.01	0±0
Обследование отверстий, шт	2.4±0.5	<0.01	5.4±0.5

Примечание: *ЛППД – латентный период первого движения;

**ГДА – горизонтальная двигательная активность;

***ВДА – вертикальная двигательная активность;

M – среднее арифметическое значение;

m – ошибка репрезентативности;

p – уровень достоверности, n – количество замеров.

Показательным для животных, подвергнутых воздействию аэронизации, было предпочтительное использование центральной части арены (пониженный уровень тревоги), в то время как до воздействия отрицательных

аэроионов животные предпочитали оставаться рядом со стенками или рядом с ними (средний и высокий уровень тревожности) [7, 12, 17].

Таким образом, длительное воздействие отрицательных аэроионов на крыс Wistar обусловило повышение исследовательской (поисковой активности) и понижение страха на фоне повышения общей двигательной активности.

Разнообразие реакций на новую среду, полученные на модели ПКЛ, можно разделить на несколько групп, отражающих уровень тревожности (время, количество посещений открытых и закрытых рукавов, время в центре, индекс тревожности), поисково-ориентировочную активность (вертикальные стойки и свешивания с открытых рукавов), эмоциональная реактивность (груминг, замирания, дефекации).

Таблица 2.

Поведенческие реакции крыс Wistar в условиях воздействия отрицательных аэроионов на модели «ПКЛ»

Поведенческие характеристики	Контроль		Избыток отрицательных аэроионов
	Статистические показатели		
	M±m	p	M±m
Время в центре, с	7.0±1.6	>0.05	4.70±1.05
Кол-во посещений откр. рукавов, шт	1.3±0.2	<0.001	4.2±0.5
Кол-во посещений закр. рукавов, шт	1.7±0.3	<0.01	4.2±0.5
Время посещений откр. рукавов, с	73.6±20.6	>0.05	112.0±13.3
Время посещений закр. рукавов, с	217.9±19.5	>0.05	182.4±14.0
Кол-во свешиваний, шт	2.5±0.3	<0.001	7.2±0.3
Кол-во груминга, шт	1.8±0.4	<0.05	0.8±0.1
Время груминга, с	24.7±4.1	<0.05	11.7±2.0
Кол-во замираний, шт	1.8±0.3	<0.05	0.6±0.3
Время замираний, с	48.2±9.5	<0.01	7.3±4.1
Стойки, шт	2.8±0.9	>0.05	5.4±0.9
Кол-во дефекаций, шт	0.30±0.09	>0.05	0.2±0.2
Индекс тревожности, %	24.9±7.0	>0.05	37.3±4.5

Примечание: М – среднее арифметическое значение;
 m – ошибка репрезентативности;
 p – уровень достоверности.

Результаты воздействия отрицательных аэроионов на поведение животных на модели ПКЛ были неоднозначны (таблица 2). Так, количество

посещений открытых и закрытых рукавов, в условиях избытка достоверно повышалось ($p < 0,001$), что свидетельствует о повышении общей двигательной активности, и как следствие, снижение уровня стресса и тревожности у опытной группы. Однако, индекс тревожности в данных исследованиях изменялся недостоверно – повышение его величины рассматривается как отражение снижения тревожности.

По поисково-ориентировочному поведению выявлено достоверное возрастание количества свешиваний с открытых рукавов ($p < 0,001$); число вертикальных стоек также повышалось, но недостоверно ($p > 0,05$). В опытной группе животных было выявлено снижение частоты и продолжительности груминга ($p < 0,05$), уменьшение продолжительности ($p < 0,01$) и количества замираний ($p < 0,05$), что отражает изменение эмоциональной реактивности крыс под воздействием отрицательных аэроионов.

На модели ЧБК достоверные различия были выявлены по времени нахождения крыс в тёмном и светлом отсеках ($p < 0,01$). При этом, животные опытной группы, проводили больше времени в открытом пространстве теста, нежели грызуны контрольной группы, что рассматривается как отражение снижения уровня тревожности. Контрольные крысы предпочитали находиться в тёмном и защищённом отсеке, проявляя норковый рефлекс в ответ на стрессогенную среду. На снижение уровня тревожности указывает увеличение выходов ($p < 0,01$), продолжительность времени выглядываний ($p < 0,05$) из тёмного в светлые отсеки (таблица 3).

Таблица 3.

**Особенности проявления избытка отрицательных аэроионов
в условии теста «Черно-белая камера»**

Поведенческие характеристики	Контроль	Избыток	
	Статистические показатели		
	M±m	p	M±m
ЛП* захода в тёмный отсек	6.9±1.1	>0.05	6.00±1.05
Кол-во выгляд. из тёмного отсека, шт	2.8±0.4	<0.05	4.5±0.4
Время выгляд. из тёмного отсека, с	26.9±5.2	>0.05	39.9±5.8
Кол-во выходов в светлый отсек, шт	0.8±0.1	<0.01	3.3±0.5
Время в светлом отсеке, с	25.8±5.8	<0.01	72.4±10.4
Время в темном отсеке, с	269.1±6.7	<0.01	228.4±8.8
Кол-во дефекаций, шт	0.2±0.1	>0.05	0±0

Примечание: *ЛП – латентный период захода в темный отсек;
M – среднее арифметическое значение, m – ошибка репрезентативности;
p – уровень достоверности.

Таким образом, длительное многодневное воздействие отрицательных аэроионов в дозе 11 000 – 12 000 ион/см³ на крыс вызвало в целом оптимизирующий эффект на общее поведение животных, проявившееся в повышении уровня их общей двигательной и поисковой активности. Данный эффект был выявлен при использовании соответствующих моделей поведения (ПКЛ и ОП). Одновременно происходило снижение уровня тревожности, уменьшалось стрессогенное воздействие, создаваемое соответствующей экспериментальной ситуаций, происходила стабилизация психоэмоциональной реактивности (ПКЛ, ОП, ЧБК).

Заключение

Поведенческие реакции крыс Wistar в условиях воздействия на них отрицательных аэроионов в течение длительного периода (19-21 день) с использованием трех различных поведенческих тест-систем выявили в целом однотипную модель поведения, проявившуюся в комплексе вегетативных и двигательных реакций, отражающих различные составляющие состояния животного. Нахождение в обогащенной отрицательными аэроионами среде приводило к повышению двигательной и поисковой активности, повышало уровень стрессоустойчивости в модельных ситуациях, провоцирующих генетически детерминированные защитные поведенческие и вегетативные реакции. Повышенная стрессогенность создается здесь за счет столкновения, по крайней мере, двух врожденных рефлексов - поискового и защитного. В этих условиях предварительное нахождение животных в среде с избыточным содержанием аэроионов приводило к повышению адаптивных реакций организма, снижающих уровень тревоги у животных. Выявленная в работе динамика изменений параметров отражающих эмоциональную реактивность животных свидетельствует о снижении психоэмоциональной возбудимости у крыс в условиях воздействия отрицательных аэроионов.

Полученные данные позволяют говорить о повышении устойчивости высшей нервной деятельности и мозговых систем, обеспечивающих двигательную и психическую деятельность к действию неадекватных факторов среды. Отрицательные аэроионы рассматриваются как факторы, повышающие защитно-компенсаторные возможности организма в текущий период времени. Возникает необходимость оценки их адаптивного воздействия, создающего в организме новый уровень адаптированности. Совокупные исследования подчеркивают адаптивный механизм действия отрицательных аэроионов. Эффекты адаптогенов незначительны в услови-

ях физиологической нормы, реализуя свое действие при развитии стрессовой реакции. Истинные адаптогены, активно проявляя свои свойства в неблагоприятных условиях среды, повышая сопротивляемость организма к этим условиям, не оказывают негативного эффекта в нормальных условиях существования организма. Выявлены сопоставимые изменения поведенческих реакций крыс в условиях избыточной аэризации с использованием рассмотренных поведенческих моделей, обнаружено повышение общей двигательной и поисковой активности.

Список литературы

1. Амикшеева А.В. Поведенческое фенотипирование: современные методы и оборудование // Вестн. ВОГиС. 2009. Т. 13. № 3. С. 529-542.
2. Бахтиярова Ш.К., Капышева У.Н., Аблайханова Н.Т. Поведение животных в различных тестах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 8-1. С. 92-96.
3. Беляев Н.Н., Цыганкова С.Г. Оценка аэроионного режима в рабочих зонах на базе CFD модели // Сборник научных трудов Национального горного университета. Днепропетровск, 2015. № 46. С. 168–173.
4. Будевич Е.Н., Самойлова А.В. Влияние аэроионотерапии на показатели общего анализа крови после оперативных вмешательств в гинекологии // Практическая медицина. 2010. № 4 (43). С. 76-78.
5. Гольдштейн Н.И. Активные формы кислорода как жизненно необходимые компоненты воздушной среды // Биохимия. 2002. Т. 67. Вып. 2. С. 194-204.
6. Кумаритаев Ф.С., Хабаева З.Г., Аликова Д.В. Анализ результатов исследования воздействия аэроионов на живые организмы // Вестник МАНЭБ. 2008. Т.13. №3. С. 94-97.
7. Майоров О.Ю. Оценка индивидуально-типологических особенностей поведения и устойчивости интактных белых крыс самцов на основе факторной модели нормального этологического спектра показателей в тесте «открытое поле» // Клиническая информатика и телемедицина. 2011. Т. 7. № 8. С. 21-32.
8. Носов В.Г., Петров В.К. Особенности кормления грызунов // Ветеринарный журнал. 2018. №1. С. 185-190.
9. Смирнов Б. М. Отрицательные ионы. М.: Атомиздат, 1978. 175 с.
10. Спичкин Г.Л., Воробьев К.В., Федоров М. П. Влияние экспериментальных аэроионных воздействий на фотосинтез *Tradescantia fluminensis* // Успехи современной биологии. 2009. Т. 129. № 5. С. 464-468.
11. Судаков С.К., Назарова Г.А., Алексеева Е.В. Определение уровня тревожности у крыс в тестах «открытое поле», «крестообразный приподнятый

- лабиринт» и тесте Фогеля // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2013. Т. 155. № 3. С. 268-270.
12. Тобоев А.С. Оптимизация микроклимата в свиноводстве для выращивания порослят-отъемышей с помощью аэроионизатора // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Москва. 2017. С. 336-341.
 13. Чижевский А. Л. Аэроионификация в народном хозяйстве. М.: Стройиздат, 1989. 488 с.
 14. Хан М.А, Бобровницкий И.П., Червинская А.В. Аэроионотерапия в оздоровлении детей // Медицинская технология. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2017. № 2. С. 53-55.
 15. Alexander et al. Air ions and respiratory function outcomes: a comprehensive review // Journal of Negative Results in BioMedicine. 2013. № 12. P. 14-16. <https://doi.org/10.1186%2F1477-5751-12-14>
 16. Habaeva Z.G., Bzikov O.R. Arutyunyants A.A. The Impact of Ionized Air on the Blood Counts of Lab Rats IOP Conference Series: Earth and Environmental Science // International Science and Technology Conference «EarthScience». 2020. P. 042022. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/459/4/042022>
 17. Herbut E., Sosnówka-Czajka E. Skomorucha I. Air ionization in livestock buildings – a review // Ann. Anim. Sci., 2018. Vol. 18. № 4. P. 899–905.
 18. Patil V.N., Patil B.P., Shimpi N.G. Effect of Negative Ionization on Egg Incubation and Burn Patient // Wulfenia Journal Klagenfurt. Austria. 2014. Vol.21. № 4. P. 125-141.
 19. Reiter R. Phenomena in Atmospheric and Environmental Electricity // Developments in Atmospheric Science. Elsevier. 1992. № 20. P. 50-55.
 20. Shu-Ye Jiang, Ali Ma, Srinivasan Ramachandran. Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement // Int J Mol Sci. 2018. № 19(10). P. 2966-2970. <https://doi.org/10.3390/ijms19102966>

References

1. Amiksheeva A.V. *Vestn. VOGiS*, 2009, vol. 13, no. 3, pp. 529-542.
2. Bakhtiyarova Sh.K., Kapysheva U.N., Ablaykhanova N.T. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2017, no. 8-1, pp. 92-96.
3. Belyaev N.N., Tsygankova S.G. *Sbornik nauchnykh trudov Natsional'nogo gornogo universiteta*, 2015, no. 46, pp. 168–173.
4. Budevich E.N., Samoylova A.V. *Prakticheskaya meditsina*, 2010, no. 4 (43), pp. 76-78.
5. Gol'dshteyn N.I. *Biokhimiya*, 2002, vol. 67, no. 2, pp. 194-204.
6. Kumariyaev F.S., Khabaeva Z.G., Alikova D.V. *Vestnik MANEB*, 2008, vol. 13, no. 3, pp. 94-97.

7. Mayorov O.Yu. *Klinicheskaya informatika i telemeditsina*, 2011, vol. 7, no. 8, pp. 21-32.
8. Nosov V.G., Petrov V.K. *Veterinarnyy zhurnal*, 2018, no. 1, pp. 185-190.
9. Smipnov B. M. *Otpitsatel'nye iony* [Negative ions]. M.: Atomizdat, 1978, 175 p.
10. Spichkin G.L., Vorob'ev K.V., Fedorov M. P. *Uspekhi sovremennoy biologii*, 2009, vol. 129, no. 5, pp. 464-468.
11. Sudakov S.K., Nazarova G.A., Alekseeva E.V. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*, 2013, vol. 155, no. 3, pp. 268-270.
12. Toboev A.S. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2017, pp. 336-341.
13. Chizhevskiy A. L. *Aepoionifikatsiya v narodnom khozyaystve* [Aeroionification in the national economy]. M.: Stroyizdat, 1989, 488 p.
14. Khan M.A, Bobrovnitskiy I.P., Chervinskaya A.V. *Meditsinskaya tekhnologiya. Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*, 2017, no. 2, pp. 53-55.
15. Alexander et al. Air ions and respiratory function outcomes: a comprehensive review. *Journal of Negative Results in BioMedicine*, 2013, no. 12, pp. 14-16. <https://doi.org/10.1186%2F1477-5751-12-14>
16. Habaeva Z.G., Bzikov O.R. Arutyunyants A.A. The Impact of Ionized Air on the Blood Counts of Lab Rats IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. *International Science and Technology Conference «EarthScience»*, 2020, 042022. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/459/4/042022>
17. Herbut E., Sosnówka-Czajka E. Skomorucha I. Air ionization in livestock buildings – a review. *Ann. Anim. Sci.*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 899–905.
18. Patil V.N., Patil B.P., Shimpi N.G. Effect of Negative Ionization on Egg Incubation and Burn Patient. *Wulfenia Journal Klagenfurt. Austria*, 2014, vol. 21, no. 4, pp. 125-141.
19. Reiter R. Phenomena in Atmospheric and Environmental Electricity. *Developments in Atmospheric Science*. Elsevier, 1992, no. 20, pp. 50-55.
20. Shu-Ye Jiang, Ali Ma, Srinivasan Ramachandran. Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement. *Int J Mol Sci.*, 2018, no. 19(10), pp. 2966-2970. <https://doi.org/10.3390/ijms19102966>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Бзыков Олег Робертович, аспирант

Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова
ул. Ватутина, 46, г. Владикавказ, 362025, Российская Федерация
jb00001@mail.ru

Марзоева Марина Аркадиевна, студентка лечебного факультета
Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова
ул. Островитянова, 1, г. Москва, 117997, Российская Федерация
marzoeva_m99@mail.ru

Хабаева Зинаида Григорьевна, доцент кафедры анатомии, физиологии и ботаники, кандидат биологических наук, доцент
Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова
ул. Ватутина, 46, г. Владикавказ, 362025, Российская Федерация
habaeva@mail.ru

Гаппоева Валентина Созыркоевна, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и ботаники, кандидат биологических наук, доцент
Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова
ул. Ватутина, 46, г. Владикавказ, 362025, Российская Федерация
gappoeva@mail.ru

Оказова Зарина Петровна, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Чеченский государственный педагогический университет
ул. Субры Кишиевой, 33, г. Грозный, 364037, Российская Федерация
okazarina73@mail.ru

Скупневский Сергей Валерьевич, заведующий отделом медико-генетических исследований института биомедицинских исследований, доктор биологических наук
Северо-Осетинская государственная медицинская академия
ул. Пушкинская, 47, г. Владикавказ, 362025, Российская Федерация
skupnevsky@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Oleg R. Bzykov, post-graduate student
North Ossetian State University
46, Vatutina Str., Vladikavkaz, 362025, Russian Federation
jb00001@mail.ru

Marina A. Marzoeva, student of the Faculty of Medicine
Russian National Research Medical University
1, Ostrovityanova Str., Moscow, 117997, Russian Federation
marzoeva_m99@mail.ru

Zinaida G. Khabaeva, Associate Professor of the Department of Anatomy,
Physiology and Botany, Candidate of Biological Sciences, Associate
Professor
North Ossetian State University
46, Vatutina Str., Vladikavkaz, 362025, Russian Federation
habaeva@mail.ru

Valentina S. Gappoeva, Head of the Department of Anatomy, Physiology and
Botany, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
North Ossetian State University
46, Vatutina Str., Vladikavkaz, 362025, Russian Federation
gappoeva@mail.ru

Zarina P. Okazova, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Pro-
fessor
Chechen State Pedagogical University
33. S. Kishieva Str., Grozny, 364037, Russian Federation
okazarina73@mail.ru

Sergei V. Skupnevsky, Head of the Department of Medical Genetic Research,
Institute of Biomedical Research, Doctor of Biological Sciences
North Ossetian State Medical Academy
47, Pushkinskaya Str., Vladikavkaz, 362025, Russian Federation
skupnevsky@mail.ru

Поступила 08.08.2022

После рецензирования 21.09.2022

Принята 30.09.2022

Received 08.08.2022

Revised 21.09.2022

Accepted 30.09.2022