

## Экспериментальное исследование влияния озono-воздушной смеси на отпугивание мышей

Тарабакин Д. А. – аспирант Санкт-Петербургского Государственного Университета низкотемпературных и пищевых технологий, Tarabakin.d@ya.ru;

Сморозин А. И., доктор техн. наук, профессор, Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана;

Буторина А. В. доктор мед. наук, профессор, Российский Государственный Медицинский Университет, avbutorina@gmail.com;

Ушакова М. В. канд. биол. наук, Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, ushakovam@gmail.com

**Исследовано влияние озono-воздушной смеси на отпугивание мышей. Эксперименты проведены на подопытной группе из десяти беспородных мышей. Концентрация озono-воздушной смеси в экспериментах не превышала  $40 \pm 5$  мг/м<sup>3</sup>. Исследования проведены на специально разработанном оборудовании. Получены экспериментальные данные, показывающие динамику поведенческих реакций в присутствии озона в чистом воздухе.**

**Ключевые слова:** озон, электронно-ионные технологии, биообъекты.

### Введение

В настоящее время темпы роста численности людей на Земле опережают производство продуктов питания, необходимых для поддержания соответствующего уровня жизни [1]. Сократить увеличивающийся разрыв можно как за счет повышения продуктивности сельскохозяйственного производства, так и уменьшая потери при заготовке, перевозке, переработке, а также хранении и реализации продовольствия и сы-

рья биологического происхождения. На 25-й сессии Управляющего Совета Программы ООН по окружающей среде, проходившей в Найроби 16–20 февраля 2009 г., отмечалось, что всего в мире из-за неэффективного использования и хранения продовольствия около половины его портится и выбрасывается [2].

Анализ исследований, выполненных в нашей стране и за рубежом по проблеме минимизации потерь продуктов при хранении и снижения энергопотребления, показал, что сочетание холодильного хранения продуктов с использованием электрофизических методов, включая озон, позволяет отчасти решать данную проблему [3, 7].

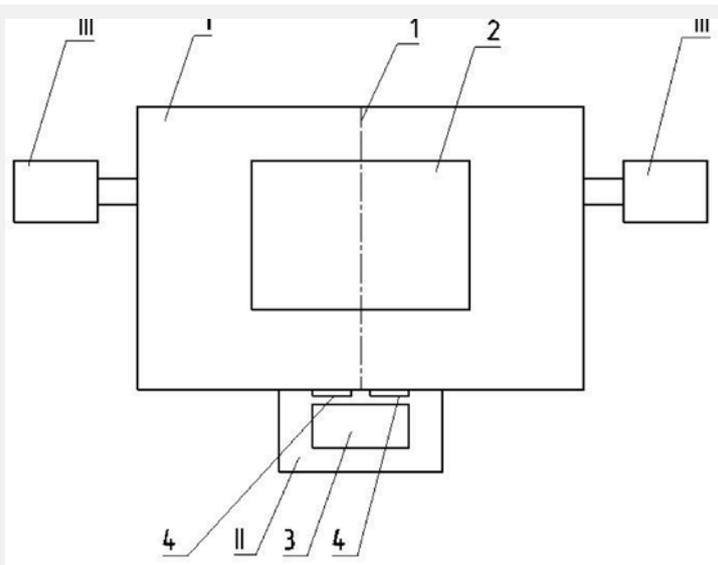
Применение озона на объектах низкотемпературного хранения пищевых продуктов неизбежно связано с его влиянием на обслуживающий персонал и на мелких животных, которые могут находиться в помещении. Защита людей от влияния озона регламентируется рядом нормативных документов, обеспечивающих безопасную технологию обращения с озонсодержащим газом [5, 4].

Известно, что холодильные камеры, используемые для длительного хранения продуктов питания, несмотря на низкие температуры, могут заселяться грызунами (крысами и домовыми мышами), которые уничтожают и контаминируют (загрязняют) продукты. Для борьбы с грызунами применяют различные методы, основанные как на отравляющем, так и отпугивающем эффекте.

Низкотемпературные хранилища пищевых продуктов могут иметь камеры как с положительными, так и с отрицательными температурами.

Как для человека, так и для мелких животных вредное воздействие озона определяется его дозой, которая рассчитывается по формуле: концентрация озона  $\times$  время его воздействия.

Ранее отмечался репеллентный эффект озона на грызунов, но результатов целенаправленно



**Рис. 1.** Экспериментальная установка для биологических исследований

I – экспериментальный бокс (600×600×1000)

II – стартовый бокс (300×250×250)

III – озонатор

1 – перегородка

2 – крышка экспериментального бокса (400×600)

3 – крышка стартового бокса (100×100)

4 – шибры для входа в экспериментальный бокс

проведенных экспериментов со статистической обработкой данных мы не нашли. В течение нескольких лет наша лаборатория занимается разработкой установок для дезинфекции холодильных камер. Целью настоящей работы было проверить насколько эффективно применение доз озона для отпугивания грызунов, находящихся в том же помещении.

### Материалы и методы

Для проведения эксперимента с мелкими животными был разработан экспериментальный унифицированный стенд, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1. Стенд представлял собой камеру (I) размером 60x100 см и высотой 60 см, разделенную герметичной поперечной перегородкой (1). Экспериментальный стенд был изготовлен из оргстекла толщиной 5 мм, что позволяло проводить визуальное наблюдение за поведением подопытных мышей. В левый (А) и правый (В) отсеки камеры подопытное животное могло свободно проходить из стартовой камеры (II) размером 25x30 см и высотой 25 см.

Крышка (2) позволяла проводить очистку экспериментального бокса (I) после каждого эксперимента, а также обеспечивала его герметичность. Крышка стартового бокса (3) давала возможность посадки опытных животных в стартовый бокс (II) и возможность его герметизации. Из стартовой камеры (II) опытные мыши могли проходить в левую и правую камеры экспериментального бокса через отверстия диаметром 30 мм, симметрично расположенные относительно перегородки (I) на высоте 10 мм, таким образом, левая и правая части экспериментального бокса были равнодоступны для мышей. К левой (А) и правой (В) частям экспериментального бокса были подсоединены два озонатора марки «Ландыш» производства ФГУП ВЭИ одинаковой производительности по 0,3 г/час. Один из озонаторов обеспечивал подачу озона, например, в камеру (А), в то время как второй озонатор обеспечивал только подачу воздуха в камеру, например (Б). Этим обеспечивалась одинаковая шумовая нагрузка на обе камеры, равная 40–50 Дб.

В качестве подопытных животных в эксперименте использовали десять лабораторных беспородных мышей (n=10). Каждое животное участвовало в опыте один раз. Перед началом каждого опыта мышь помещалась в стартовый бокс (рис. 2), затем оба озонатора включали в режим нагнетания воздуха и открывали шиберы (4), соединяющие стартовую и основные камеры А и В. В течение 15 минут животное могло свободно перемещаться по всем камерам, осваивая пространство (по экспертной оценке, этого времени обычно достаточно, чтобы животное освоилось на новой территории).

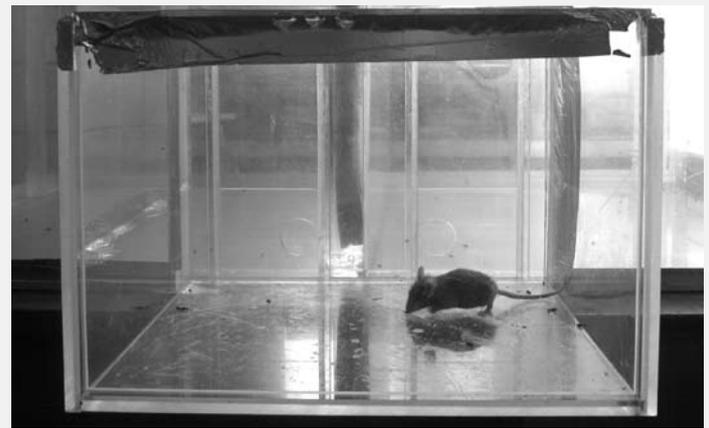


Рис. 2. Начало опыта: мышь в стартовой камере

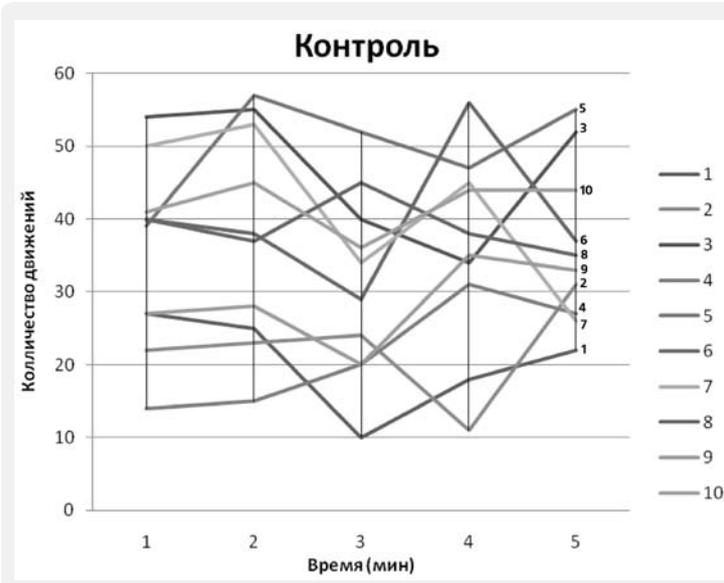
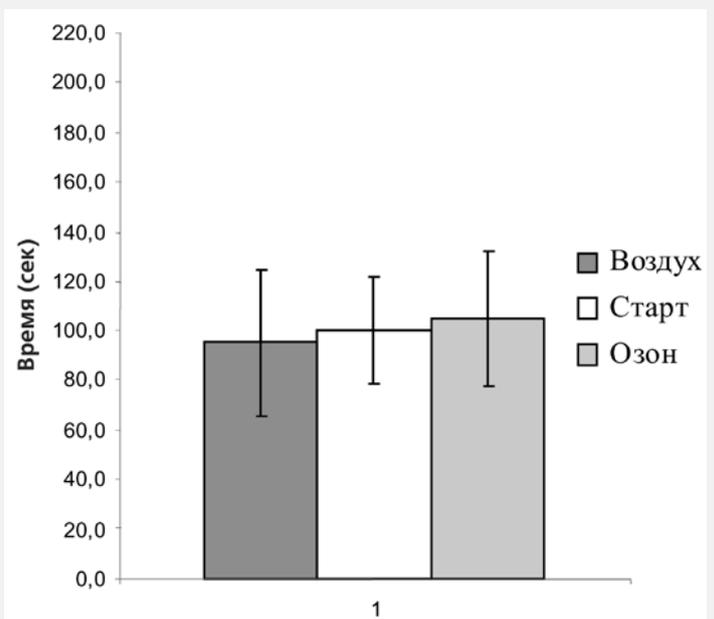


Рис. 3. Двигательная активность мышей во время контрольного эксперимента

По истечении 15 минут экспериментатор начинал фиксировать поведение мыши (стойка, чистка, движение) в течение следующих 5 минут (контроль).

Затем мышь переносили обратно в стартовую камеру, после чего один из озонаторов (в случайном порядке – отсек А или отсек В) переводился в режим генерирования озона и через 2 минуты, необходимые для заполнения камеры озоном, шиберы (4) открывали, и мышь вновь получала доступ в экспериментальные отсеки. Контроль заполнения отсека (А или В) озоном проводили при приоткрытой на 10–15 мм крышке экспериментального бокса йодометрическим методом [6]. При этом концентрация озона в озоно-воздушной смеси устанавливалась равной  $40 \pm 5$  мг/м<sup>3</sup>. Регистрацию вышеперечисленных действий осуществляли на протяжении еще 5 минут (опыт).

Таблица 1



**Рис. 4.** Продолжительность (средняя+станд. ошибка) пребывания мышей в отсеках экспериментальной камеры в контрольный период, когда в оба отсека подавали воздух

| Исходные данные |         |         |      |        |
|-----------------|---------|---------|------|--------|
|                 | отсек 1 | отсек 2 | Озон | Воздух |
| Мышь №1         | 20      | 0       | 0    | 30     |
| Мышь №2         | 132     | 133     | 0    | 75     |
| Мышь №3         | 137     | 142     | 2    | 262    |
| Мышь №4         | 275     | 0       | 50   | 0      |
| Мышь №5         | 125     | 12      | 2    | 25     |
| Мышь №6         | 77      | 8       | 15   | 38     |
| Мышь №7         | 25      | 241     | 24   | 58     |
| Мышь №8         | 36      | 187     | 23   | 57     |
| Мышь №9         | 64      | 172     | 34   | 140    |
| Мышь №10        | 173     | 44      | 4    | 71     |

ли пространство, спокойно перемещались из отсека в отсек: сначала медленно и настороженно, а затем – более активно. В контрольный период они продолжали обследовать территорию камеры или останавливались в одном из отсеков, чистились, умывались, приноживались. Активность мышей во время контрольного периода отражена на (рис. 3), из которого видно, что в течение всего времени активность мышей не снижалась.

По продолжительности пребывания мышей в разных отсеках экспериментальной камеры в контрольный период равномерно исследовались все три отсека (рис. 4).

На (рис. 5) приведены результаты опытов по влиянию озона на поведение подопытных мышей (n=10, средняя продолжительность пребывания в каждом из отсеков (в сек.) + стандартная ошибка).

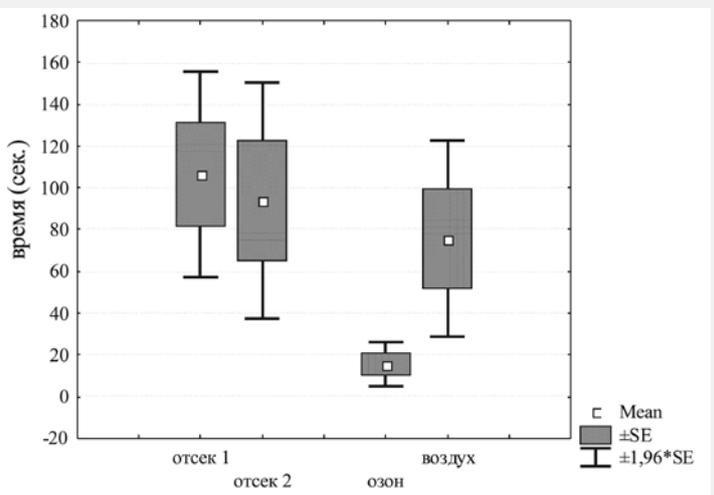
Во время контрольного периода в отсеки А и В подавался воздух. В эксперименте в один из отсеков (в случайном порядке) подавался воздух, в другой озон.

### Обсуждение результатов и выводы

Ввиду малой выборки и отсутствия нормальности распределения достоверность различий определяли с помощью непараметрического критерия Вилкоксона для сопряженных пар [8], в статистическом пакете Statistica,6.

В контрольный период достоверных отличий по времени пребывания мышей в отсеках 1 и 2 не обнаружено (n=10, Z=0.254, p=0.798). В эксперименте обнаружилась явная асимметрия – животные достоверно больше времени проводили в отсеке, куда подавался воздух (n=10, Z=2.191, p=0.028).

Через 1–2 минуты двигательная активность зверьков снижалась, они сидели неподвижно и тяжело дышали (рис. 6). В отсек с воздухом заходили не все зверьки и, как правило, нахо-



**Рис. 5.** Продолжительность пребывания подопытных мышей в отсеках экспериментальной камеры

При обработке данных выявляли достоверность различий продолжительности пребывания мышей в разных отсеках в опыте и в контроле, а также динамику поведенческих реакций в присутствии озона и в чистом воздухе.

### Результаты выполненной работы

Всего было проведено 10 опытов. Практически все подопытные мыши в течение 15 минут осваива-

Таблица 2

|        | Valid N | Mean     | Minimum  | Maximum  | Std.Dev. | Standard error |
|--------|---------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| 1      | 10      | 106,4000 | 20,00000 | 275,0000 | 79,23832 | 25,05736       |
| 2      | 10      | 93,9000  | 0,00000  | 241,0000 | 90,95719 | 28,76319       |
| озон   | 10      | 15,4000  | 0,00000  | 50,0000  | 17,12179 | 5,41438        |
| воздух | 10      | 75,6000  | 0,00000  | 262,0000 | 75,52660 | 23,88361       |

дидлись там недолго, возвращаясь в стартовый отсек. Он, видимо, был более привлекателен для подопытных животных: во-первых, своими меньшими размерами и, во-вторых, поскольку сначала зверьков помещали именно сюда, то эта часть камеры была более освоена и, следовательно, более комфортна. Оценка содержания озона в разных отсеках камеры показала, что как в стартовом отсеке, так и в отсеке с воздухом его концентрация была низкой, в отличие от отсека с озоном, где концентрация озона была равной  $40 \text{ мг/м}^3$ .

Результаты показывают, что достигнутая в ходе эксперимента концентрация озона достаточна для отпугивания мышей: они избегают камеры с высоким содержанием озона. Также эксперименты доказывают, что двигательная активность мышей значительно снижается при подаче в камеру озона.

#### Список использованной литературы

1. Архаров А.М. Роль криологии в развитии цивилизации // Холодильная Техника. – 2007 – №2 – с. 2–5.

2. Бараненко А.В. Холод – итоги и перспективы // Холодильная Техника – 2010 – №5.

3. Бабакин Б.С., Воронин М.И., Баяраа Н. Электрофизические методы в холодильной технике и технологии // Международная научно-техническая конференция, проходившая в рамках выставки «ХолодЭкспо Россия–2009» (Москва, 2009)

4. ГОСТ 12.1.007–76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

5. ГОСТ Р 51706–2001 Оборудование озонаторное. Требования безопасности

6. ГОСТ 18301–72 Методы определения содержания остаточного озона

7. Рогов И.А., Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Электрофизические методы в холодильной технике и технологии. – М.: Колос, 1996. – 336 с.

8. В.Ю.Урбах. Биометрические методы, Издательство Наука, 1964 г., 416 с.

#### Experimental research of the impact of ozone-air mixture on scaring away mice

D. A. Tarabakin – post-graduate, St. Petesburg State Univesity of Low-temperature and Food Technologies, tel. 89263977781,

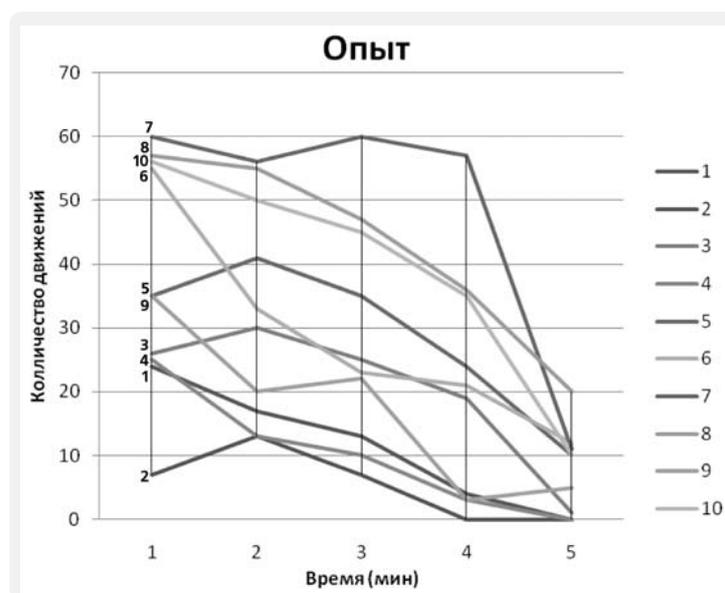


Рис. 6. Двигательная активность мышей во время эксперимента с озоном

Tarabakin.d@ya.ru;

A. I. Smorodin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Bauman State Technological University, tel. 89165743899;

A. V. Butorina, Doctor of Medicine, Professor, Russian State Medical University,

tel. 89055307177, avbutorina@gmail.com ;

M. V. Ushakova, research fellow, Candidate of Biology, Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, tel. 89265934747, ushakovam@gmail.com.

The study of the impact of ozone-air mixture on scaring away mice. The experiments were carried out on a test group of ten outbred mice. The concentrations of ozone-air mixture during the test did not exceed  $40 \text{ mg/m}^3$ . The test was carried out with the use of specially developed equipment to ensure the purity of the biological experiment. The obtained experimental data reflect the behavioral response in the presence of ozone in pure air.

Keywords: Ozone, electron-ion technologies, biological objects.