

*на правах рукописи*



**КАУФОВА МАДИНА АМИЛЬЕВНА**

**ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАЗНЫХ ЧАСТОТ НА  
ОНТОГЕНЕЗ И БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЖИВЫХ СИСТЕМ**

**1.5.20 – биологические ресурсы**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени кандидата**  
**биологических наук**

**Владикавказ – 2022**

Работа выполнена на кафедре биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

**Научный руководитель:** Дзиев Руслан Исмагилович, заслуженный деятель науки КБР, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

**Официальные оппоненты:** Саранцева Светлана Владимировна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией экспериментальной и прикладной генетики, заместитель директора по научной работе Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Санкт-Петербург.

Глинушкин Алексей Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор ВНИИ фитопатологии, г. Москва.

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, г. Калуга

Защита диссертации состоится **30 сентября 2022 г. в 10 часов** на заседании диссертационного совета **35.2.009.01** при ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» по адресу: 362040, г. Владикавказ, ул. Кирова, д.37, Горский ГАУ, зал заседаний Ученого совета.

E-mail: [ggaubiores@mail.ru](mailto:ggaubiores@mail.ru)

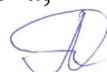
С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» и на официальном сайте [www.gorskigau.com](http://www.gorskigau.com).

Текст объявления о защите диссертации и автореферат диссертации отправлены для размещения на сайте Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России: <http://vak3.ed.gov.ru>. **05 июля 2022 г.**

Автореферат разослан «        » августа 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат биологических наук, доцент



Гревцова Светлана Алексеевна

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Все живые системы существуют, постоянно взаимодействуя с различными факторами окружающей среды, адаптируясь к их воздействию и используя их в жизненных процессах. К таким факторам воздействия относятся и электромагнитные излучения.

Со временем, помимо естественного электромагнитного поля, появились еще различные поля и излучения имеющие антропогенное происхождение, оказывающие огромное влияние на биологические ресурсы нашей планеты.

В настоящее время невозможно представить нашу жизнь без радиотехнических устройств и технологических процессов, сотовой и других видов мобильной связи, теле- и радиовещания, оборудования дистанционного мониторинга и др., за счет которых увеличивается уровень электромагнитного излучения в окружающей среде и приводит к появлению термина - электромагнитное загрязнение окружающей среды.

В связи с этим, изучение воздействия электрических полей на биологические ресурсы считается актуальным в настоящее время, и исследования в этом направлении ведутся с давних времен (Кармилов, 1948; Becker, 1965, 1977; Лазаревич, 1978; Лучкина и др., 1982; Grets, 1989; Шпигельман и др., 1991; Эндебера, 1996; Rapley, 1998; Сидоренко, 2001; Чуприкова, 2003; Хандохов, 2004; Федоров и др., 2012; Никитина, 2017 и др.).

Актуальность подобных исследований определяется еще и отсутствием в научной литературе единого мнения о последствиях воздействия электромагнитного излучения на живые организмы.

В последнее время все больше возрастает интерес к изучению и использованию различных физических факторов как один из методов повышения урожайности и стимулирующего воздействия на рост и развитие различных сельскохозяйственных культур. В исследованиях многих авторов показано большие преимущества растений, выросших из семян после облучения (Ковалева, 2014).

Вместе с тем, эти и последующие исследования остаются недостаточно информативными для решения современных биоресурсных, экологических и генетических проблем. Они не дают ответа на значение хронического облучения и о последствиях, вызываемых переменным магнитным полем (ПеМП). Кроме того, практически отсутствуют данные по генотипической чувствительности живых систем на действие ПеМП.

**Степень разработанности темы исследования.** Большинство проведенных исследований (Pittman, 1963,1964; Becker, 1965; Brawn, 1969; Лазаревич, 1978; Quinn, 1982; Варенцова и др., 1985; Vizi, 1992; Новиков и др., 2002; Зайнуллин и др., 2006; Рзянина, 2010; Корнилова, 2012; Вайсман и др., 2015 и др.) посвящены изучению влияния магнитных полей различных параметров на отдельные показатели жизнедеятельности биологических объектов.

**Цель работы:** изучить влияние ПеМП разных частот на морфофизиологические и эколого-биологические параметры с использованием тест-систем животного (*Drosophila melanogaster*) и растительного (*Solanum tuberosum*) происхождения.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи:**

1. Установить действие ПеМП избранного режима на продолжительность жизненного цикла и репродуктивный потенциал различных линий дрозофил от частоты облучения;
2. Выявить, какой из используемых параметров (генотип линий, частота облучения или их взаимодействие) является ведущим в ответной реакции тест-системы на воздействие ПеМП, с использованием метода дисперсионного анализа;
3. Определить влияние различных частот ПеМП на половую структуру экспериментальных групп дрозофил;
4. Изучить изменчивость регистрируемых морфологических признаков у дрозофил разных линий под действием ПеМП разных частот;
5. Определить влияние ПеМП разных частот на всхожесть и биометрические показатели картофеля при предпосадочной обработке клубней ПеМП разных частот.

**Научная новизна.** Впервые на 9 линиях *Drosophila melanogaster*, различающихся по морфологическим признакам, получены результаты влияния переменного магнитного поля разных частот (8000 Гц, 15000 Гц, 20000 Гц) на продолжительность жизненного цикла, реальную репродуктивную способность, характер распределения полов у изученных линий, и на проявление изменения фенотипических признаков.

Установлено, что действие ПеМП удлиняет продолжительность сроков развития дрозофил за счет задержки личиночного периода и стадии куколки. Репродуктивная способность начинает снижаться при частоте ПеМП 15000 Гц. В этом опытном варианте, и при увеличении частоты ПеМП, нарушается соотношение полов дрозофил за счет количественного превалирования особей женского пола. Использование двухфакторного дисперсионного анализа данных показало, что генотипический фактор оказывает ведущую роль. Также впервые отмечены некоторые морфологические изменения у дрозофил. Увеличение частоты воздействия ПеМП приводит к повышению количества и образованию новых морфозов у дрозофил.

Также впервые получены результаты по исследованию влияния ПеМП разных частот на биоресурсный потенциал раннеспелого сорта «Удача» и среднеспелого сорта «Нарт-1» картофеля в условиях КБР. Установлено, что при предпосадочной обработке клубней картофеля увеличивается их всхожесть по сравнению с контролем, а также достоверно увеличивается биометрические показатели картофеля, тем самым повышая урожайность используемой культуры.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследования о воздействии ПеМП на морфофизиологические признаки у *Drosophila melanogaster* дают более существенные представления об их влиянии на живые системы. Дрозофила рекомендована к использованию в качестве модельного объекта биологии для изучения влияния антропогенных факторов внешней среды, в частности, для изучения влияния ПеМП на биоресурсы. А результаты, полученные при исследовании воздействия ПеМП разных частот на биоресурсный потенциал картофеля имеют практическое значение и можно использовать для повышения урожайности сельскохозяйственных культур растений, а также дополнить существующие системы выращивания картофеля. ПеМП разных частот, как один из физических факторов,

можно рекомендовать как метод увеличения продуктивности многих культурных растений в сельском хозяйстве.

**Методология и методы исследования.** Экспериментальные исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками и указаниями. Использовали методику работы с дрозофилой, предложенной в книге «Практическая генетика» Н.Н. Медведева (1968). При проведении исследований по изучению влияния ПеМП разных частот на продуктивность картофеля пользовались методикой полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) и требованиями ГОСТ картофелеводства.

Экспериментальные данные обработаны статистически с использованием методов: критического значения  $\chi^2$  (критерия Пирсона); критического значения  $t$  - критерия Стьюдента; двухфакторного дисперсионного анализа (Лакин, 1980).

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. ПеМП оказывает влияние на индивидуальное развитие и репродуктивный потенциал дрозофил;
2. Воздействие ПеМП разных частот на биологические объекты зависит от генотипического фактора;
3. ПеМП влияет на соотношение полов дрозофил в экспериментальных группах;
4. ПеМП оказывает влияние на морфологические признаки дрозофил;
5. Предпосадочная обработка клубней картофеля ПеМП разных частот оказывает положительное влияние на биоресурсный потенциал картофеля.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность экспериментальных данных подтверждена использованием ряда статистических методов, анализом с помощью дисперсионного метода, а также сопоставлением результатов исследований с данными, полученными другими исследователями.

**Апробация работы.** По материалам диссертации опубликовано 12 статей, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК РФ - 7 статей. Основные положения работы были представлены на XI международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа» (Магас, 2009), V международной конференции молодых ученых «Биоразнообразие. Экология. Приспособление. Эволюция» (Одесса, 13-17 июня 2011г.), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Грозный, 14-15 мая 2012г.), V международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины» (Ростов, 3-5 октября 2013г.), XV международной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России» (Махачкала, 5-6 ноября, 2013г.), в рецензируемых журналах - «Научное мнение» (Санкт-Петербург, 2013), «Перспективы науки» (Тамбов, 2013), «Фундаментальные исследования» (Москва, 2013), «Естественные и технические науки» (Москва, 2019, 2021), Известия ГГАУ (Владикавказ, 2019, 2021).

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 130 страницах и содержит 18 таблиц и 25 рисунков. Состоит из введения, обзора литературы, материала и методов исследования, результатов исследований, заключения, практических предложений и списка использованной литературы, который содержит 169 источников, в том числе 42 зарубежных.

**Личный вклад автора** состоит в анализе литературных данных, в выполнении экспериментальной части исследования, анализе и обобщении полученных результатов, и их статистической обработке, формировке выводов, а также в подготовке основных публикаций по теме исследования (в том числе в соавторстве).

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе 1 приведён анализ имеющихся литературных источников, посвящённых изучаемой проблеме.

### Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная часть работы выполнена на кафедре биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем КБГУ с 2009-2019 гг. Объектом исследования служили линии мух *Drosophila melanogaster*, а также использовали растительный объект - *Solanum tuberosum*, раннеспелый сорт «Удача» и среднеспелый сорт «Нарт-1». Полевые опыты проводили в Баксанском районе Кабардино-Балкарской республики.

В опытных вариантах по изучению влияния переменного магнитного поля на онтогенез на примере *Drosophila melanogaster* было использовано переменное магнитное поле частотой 8000 Гц, 15000 Гц, 20000 Гц, напряжённостью магнитного поля 8,5 мА/м и временем облучения 40 ч. Источником переменных магнитных полей (ПеМП) для наших опытов, служила катушка индуктивности, представляющая собой полый цилиндр диаметром 75 мм и высотой 520 мм. Обмотка на катушке состояла из двух слоев по 85 витков. Сечение провода равно 1,3 мм. Для генерации переменных полей различных частот и напряжённостей служил ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь). Сигнал на выходе компьютера усиливался при помощи усилителя и подавался на катушку. Частоту и форму тока измеряли при помощи полупроводникового двулучевого осциллографа С1-69.

Использовали методику работы с дрозофилой, предложенной в книге «Практическая генетика» Н.Н. Медведева (1968). Каждый вариант опыта после 40 ч облучения ПеМП закладывали в 5-кратной повторности, в каждой пробирке по 2 самки и 3 самца. На следующий день после появления первой куколки родительских особей удаляли из пробирок. Ежедневно вели наблюдение за циклом развития дрозофилы. Появление новой стадии развития мушек (первая личинка, первая куколка, первый вылет) отмечали записью в журнале. По мере вылета, помимо количественного подсчета самок и самцов, фиксировали все видимые аномалии, касающиеся морфологии тела, крыльев, их длины. Эксперименты ставили несколько раз. В работе обсуждены средние данные по 5 пробиркам, а количество морфологических изменений рассчитано на 1000 мух. Всего в ходе эксперимента было детально изучено 39810 особей.

Экспериментальные данные обработаны статистически с использованием методов: критического значения  $\chi^2$  (критерия Пирсона); критического значения  $t$  - критерия Стьюдента; двухфакторного дисперсионного анализа (Лакин, 1980).

В качестве объекта исследования влияния ПеМП разных частот на биоресурсный потенциал картофеля, использовали раннеспелый сорт картофеля

«Удача», и среднеспелый сорт картофеля «Нарт-1». Клубни отбирались согласно ГОСТ 7001-66 по массе от 45 до 100 г. Эти сорта являются высокоурожайными, неприхотливыми и приспособлены к разным климатическим условиям и грунту.

Для предпосевной обработки клубней картофеля источником переменных магнитных полей (ПеМП) служила катушка индуктивности, представляющая собой полый цилиндр диаметром 250 мм и высотой 900 мм. Обмотка на катушке была из 4-х слоев, каждый слой состоял из 100 витков. Сечение провода было 5,2 мм. Для генерации переменных полей различных частот и напряженностей использовался ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь). Сигнал на выходе компьютера усиливался усилителем и подавался на катушку. Частоту и форму тока измеряли с помощью полупроводникового двухлучевого осциллографа С1-69.

В опытных вариантах было использовано магнитное поле частотой 8000 Гц, 15000 Гц, 20000 Гц и временем облучения 24 ч, предпосевное облучение клубней картофеля проводили за 3 дня до посадки в почву. Контролем служили клубни, соответствующие экспериментальным, не подвергавшиеся воздействию. После обработки клубней ПеМП разных частот, все материалы, а также и контрольный вариант содержали в одинаковых условиях. Эксперименты проводили в 3-х кратной повторности. Учетная площадь опытных делянок – 76,8 м<sup>2</sup>. Выращивание картофеля осуществляли в соответствии с агротехническими требованиями. Пользовались методикой полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) и требованиями ГОСТ картофелеводства. В наших опытах, в условиях предгорной зоны КБР, посадка клубней картофеля сортов «Удача» и «Нарт-1» проводилась во второй половине апреля. В целом, климат в регионе умеренно-континентальный. В предгорной зоне КБР преобладают выщелоченные черноземы.

Учет всхожести клубней проводили путем подсчета процентного отношения всходов, появившихся на учетной делянке, к количеству посаженных на ней клубней. Учет всходов клубней картофеля сорта «Удача» в наших опытах проводили с 12 по 17 день после посева, а сорта «Нарт-1» - с 16 по 21 день после посадки.

Высоту растений измеряли в период цветения. Длину стеблей и их количество на куст определяли по средней пробе из 10 растений в каждой повторности опыта. Количество стеблей определяли после цветения. Учет урожая и массу клубней проводили вручную со всей учетной делянки. Подсчитывали количество клубней с одного куста и определяли их массу по 10 растениям с каждой делянки.

Статистическую обработку полученных данных проводили при 95% уровне достоверности с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2003, Statistica 6.0.

### **Глава 3. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАЗНЫХ ЧАСТОТ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *DROSOPHILA MELANOGASTER***

#### **3.1 Влияние ПеМП разных частот на индивидуальное развитие *Drosophila melanogaster* в условиях эксперимента**

Полный цикл развития дрозофил - от яйца до имаго - в контроле продолжался 9 - 10 дней в зависимости от линий дрозофил. Некоторые линии как *B*, *y* и *w* имели

сходный показатель с диким типом *K-c*, у которых жизненный цикл составил 9 дней, а у остальных линий как *m-5*, *w<sup>a</sup>*, *vg*, *cn* и *e* жизненный цикл равнялся 10 дней.

При облучении ПеМП частотой 8000 Гц мух дрозофил существенных изменений в цикле развития не наблюдали, за исключением линий *m-5* и *vg*, где цикл развития был удлинен на 1 день. У остальных линий цикл развития совпал с контрольным вариантом и равнялся 9-10 дней (рисунок 1).

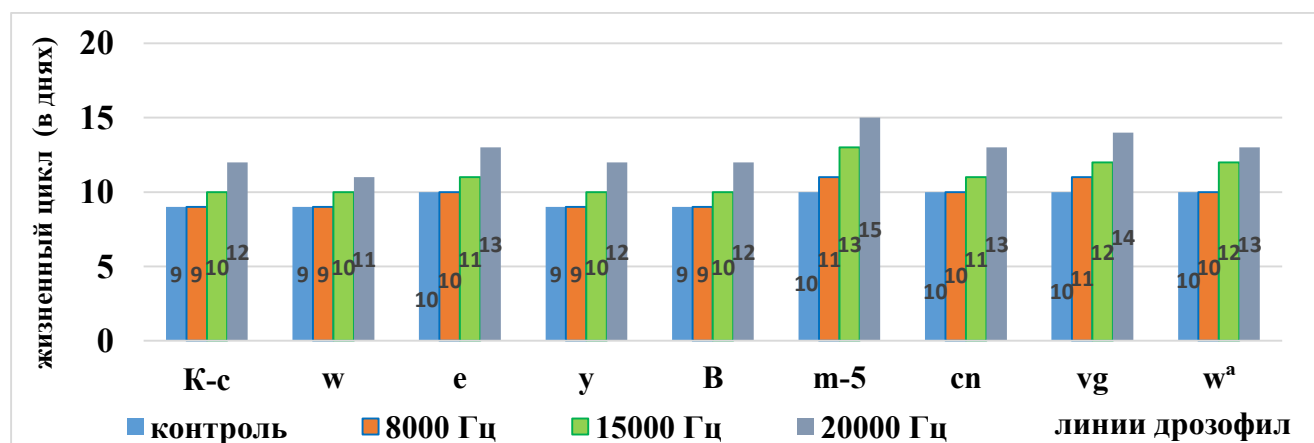


Рисунок 1 - Влияние ПеМП разных частот на жизненный цикл дрозофил

При облучении ПеМП частотой 15000 Гц, у используемых линий дрозофил, наблюдалось замедление цикла развития по сравнению с контрольным вариантом и предыдущим экспериментом. Это происходит за счет замедления стадии личинки и куколки на 1-2 дня по сравнению с контрольным вариантом. У линии *m-5* личиночный период удлинился на 2 дня, а стадия куколки на 1 день; у линий *vg* и *w<sup>a</sup>* личиночный период и стадия куколки увеличились на 1 день; у линий *w*, *cn* и *K-c* чувствительным оказался личиночный период, который был продолжительнее на 1 день по сравнению с контролем, а стадия куколки осталась прежней. У остальных линий, как *y*, *e*, *B*, чувствительным к магнитному полю оказалась стадия куколки, которая затянулась на 1 день по сравнению с контролем. В итоге у линий *K-c*, *B*, *y* и *w* индивидуальное развитие составило 10 дней, у линий *e* и *cn* - 11 дней, у линий *vg* и *w<sup>a</sup>* - 12 дней, а у линии *m-5* - 13 дней.

Увеличение частоты ПеМП до 20000 Гц дало более существенные результаты. Здесь уже чувствительным к ПеМП оказались и личиночный период, и стадия куколки.

Также, как и в предыдущих опытах, более подверженной была линия *m-5*, у которой личиночный период растянулся на 3 дня в отличие от контроля, а стадия куколки на 2 дня.

Затем линия *vg*, где и личиночный период, и стадия куколки удлинен на 2 дня. У линии *w* в данном опыте цикл развития по сравнению с контролем был удлинен на 2 дня, а у оставшихся линий, как *K-c*, *e*, *y*, *B*, *cn*, *w<sup>a</sup>*, срок развития замедлился на 3 дня.

Из рисунка 1 видно, что чем больше частота магнитного поля, тем больше задерживается жизненный цикл. Более чувствительной оказалась линия *m-5*.



Об удлинении жизненного цикла у дрозофилы в условиях опыта свидетельствуют данные по числу вылетевших мух в течение всего учетного периода. В контрольном варианте и при применении ПеМП частотой 15000 Гц у всех линий дрозофил основной лет наблюдался на 1-й неделе, а при использовании ПеМП частотой 15000 Гц и 20000 Гц у всех линий заметно сократилось количество вылетевших мух на 1-й неделе и увеличилось на следующих неделях.

### 3.2 Влияние ПеМП разных частот на репродуктивный потенциал *Drosophila melanogaster*

Данные исследования влияния ПеМП разных частот (8000 Гц, 15000 Гц, 20000 Гц) на репродуктивную способность у *Drosophila melanogaster* показали, что в условиях опыта при облучении мух с увеличением частоты числа Гц, снижается число появившихся куколок и число вылетевших мух у всех изучаемых линий дрозофил. Так, при действии ПеМП частотой 8000 Гц на линии дрозофил по сравнению с контрольным вариантом наблюдались незначительные изменения в количестве образовавшихся куколок и вылетевших мух. Наименьший процент не вылетевших мух при частоте ПеМП 8000 Гц отмечался у линии *K-c* – 3,0%. А наибольшее число не вылетевших мух наблюдалось у линии *m-5* – 8,1%. Из результатов видно, что только у линий *y* (0,2%), *vg* (0,4%) и *e* (0,6%) не наблюдается существенных изменений исследуемых показателей после облучения ПеМП частотой 8000 Гц по сравнению с контролем. Различия показателей в этом опыте по сравнению с контролем не являлись статистически значимым ( $p > 0,05$ ) и определялись генотипом использованных линий дрозофил (рисунок 2).

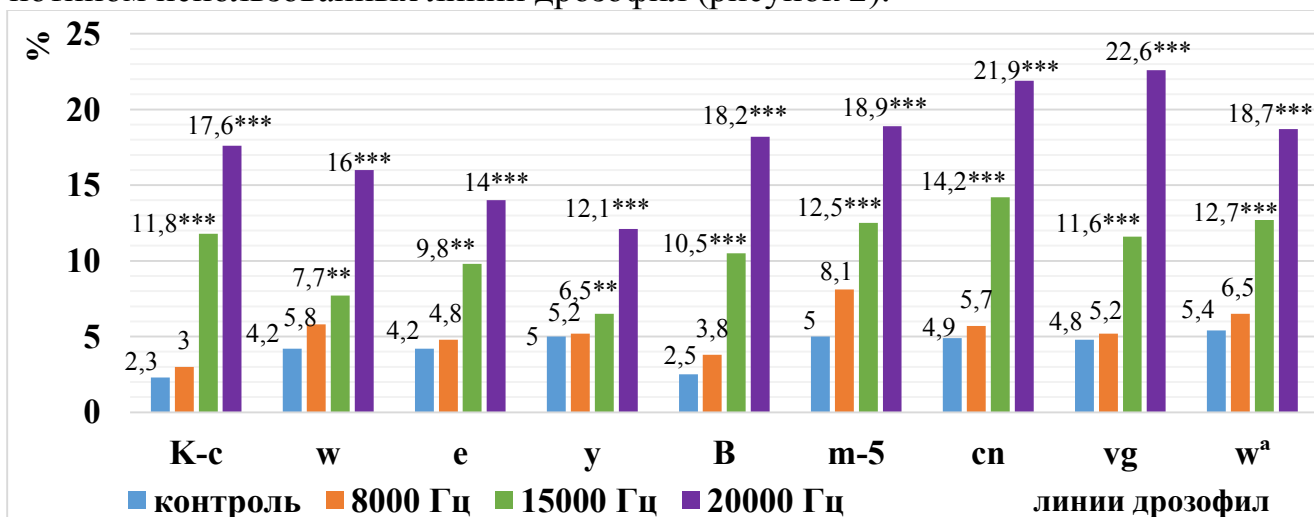


Рисунок 2 - Количество не вылетевших мух *Drosophila melanogaster* при облучении ПеМП разных частот (в %)

Различия с контролем значимы при: \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$

Увеличение частоты ПеМП до 15000 Гц показало, что с повышением частоты достоверно ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ) снижается продуктивность различных мух по сравнению с контрольным и первым опытным вариантами. Наибольший процент не вылетевших мух наблюдался у линии *cn* – 14,2%. Менее чувствительной к облучению оказалась линия *y* – 6,5%.

Увеличение частоты до 20000 Гц дало резкое уменьшение плодовитости всех линий, подвергшие облучению. При этом снижалась численность куколок и количество вылетевших мух ( $p < 0,001$ ).

В данном опыте процент не вылетевших мух максимален у линий *vg* – 22,6% и *cn* – 21,9%, а также у линий *m-5* – 18,9% и *w<sup>a</sup>* – 18,7%, а минимальное значение фиксируется у линии *y* – 12,1% как и в предыдущем эксперименте.

В результате анализа полученных экспериментальных данных, можно сказать, что переменное магнитное поле разных частот влияет на репродуктивную способность используемой тест-системы и зависит от частоты магнитного воздействия. С увеличением частоты облучения количество появляющихся куколок и количество вылетевших имаго достоверно уменьшается ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ) у всех изученных линий дрозофил.

### 3.3 Оценка вклада отдельных факторов в выявленные биологические эффекты

Из данных расчета следует, что действие изучаемых факторов и их взаимодействие существенно, так как фактическое значение F для фактора А и фактора Б значительно превосходит табличное при уровне вероятности  $P=0,05$ .

Полученные данные также свидетельствуют, что влияние каждого фактора и их взаимодействия различны. Наиболее чувствительной к влиянию ПеМП оказалась линии дрозофил. Также разница между средними показателями опытных вариантов по числу вылетевших мух была существенна, так как разница между вариантами больше, чем НСР.

Для иллюстрации приведенных закономерностей построен график зависимости числа вылетевших мух от генотипических различий линий и частоты облучения (рисунок 3).

Из рисунка 3 видно, что наиболее чувствительная частота ПеМП – 20000 Гц, при которой наблюдается значительное снижение числа вылетевших мух в условиях эксперимента. А из используемых линий дрозофил чувствительными к ПеМП оказалась линия *m-5*. По нашим данным, именно генотип линий определяет степень реакции на воздействующий фактор.

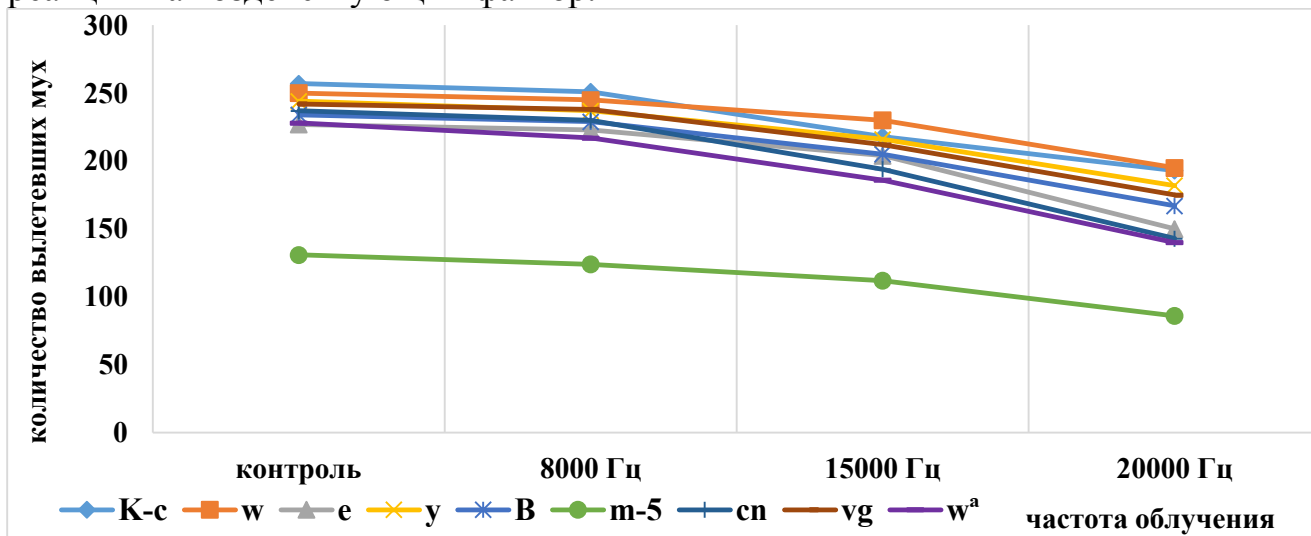


Рисунок 3 - Зависимость числа вылетевших мух от генотипических особенностей линий и используемых доз ПеМП

Таким образом, использование дисперсионного двухфакторного метода анализа данных показало, что генотипический фактор оказывает ведущую роль, а его взаимодействие с дозами ПеМП в условиях опыта оказалось незначительно.

### 3.4 Влияние ПеМП разных частот на половую структуру экспериментальных групп *Drosophila melanogaster*

У всех исследуемых линий дрозофил, при облучении ПеМП частотой 8000 Гц, процентная разница между количеством самок и самцов немного увеличилась по сравнению с контролем, однако количество вылетевших самок и самцов достоверно не отличались и соотношение полов составило 1:1 как и в контрольном варианте (таблица 1).

Таблица 1 - Различия в соотношении полов у линий *Drosophila melanogaster* при облучении ПеМП разных частот

Линии дрозофил	Соотношение полов (♀/♂)			
	контроль	8000 Гц	15000 Гц	20000 Гц
К-с	1/1	1/1	1,1/0,9	1,3/0,7
w	1/1	1/1	1,3/0,7	1,4/0,6
e	1/1	1/1	1,1/0,9	1,3/0,7
y	1/1	1/1	1,2/0,8	1,3/0,7
B	1/1	1/1	1,2/0,8	1,3/0,7
m-5	1/1	1/1	1,3/0,7	1,4/0,6
cn	1/1	1/1	1,2/0,8	1,3/0,7
vg	1/1	1/1	1,2/0,8	1,3/0,7
w <sup>a</sup>	1/1	1/1	1,2/0,8	1,3/0,7

При увеличении частоты ПеМП до 15000 Гц некоторые линии дрозофил уже оказываются чувствительными к данному фактору. Количество самок и самцов отличались достоверно. В этом опытном варианте наибольшее смещение в сторону особей женского пола наблюдалось у линий *m-5* и *w*, где разница между количеством самок и самцов (в %) равно 30,4% и 27,8% соответственно (рисунок 4). Соотношение полов составило 1,3/0,7. А наименьшая разница между количеством самок и самцов (в %) у линии дикого типа *К-с* –14,6%, и *e* –13,8%. Соотношение полов составило 1,1/0,9. У остальных линий 1,2/0,8.

Увеличение частоты ПеМП до 20000 Гц оказывает более существенное влияние на количественное соотношение полов у исследуемых линий дрозофил. Как и в предыдущем опыте, более чувствительными оказались линии *m-5* и *w*, где соотношение полов составило 1,4/0,6. У остальных линий данный показатель равнялся 1,3/0,7. Высокая разница (в %) наблюдалась также у линии *vg* - 29,2% и линии *y* – 27,4%. Схожие данные отмечены у линий *e*–25,4% и *К-с*–25,2%, оказавшиеся более устойчивыми к данной частоте ПеМП.

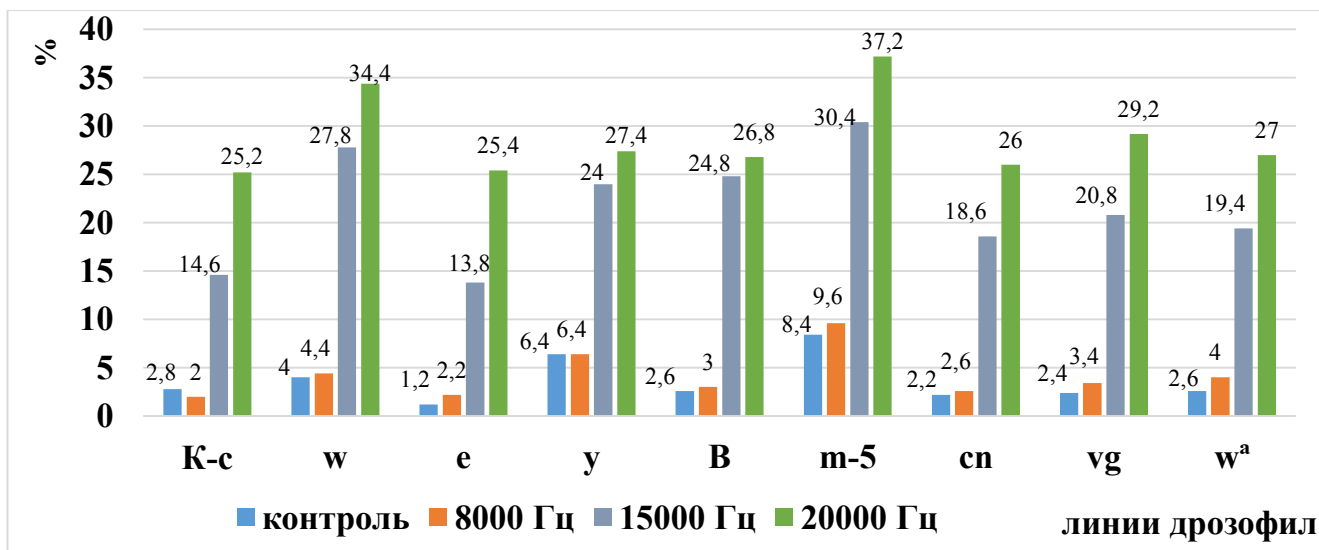


Рисунок 4 - Соотношение полов ( $\text{♀}/\text{♂}$ ) у разных линий дрозофил при воздействии ПеМП разных частот (разница в %)

Таким образом, при облучении исследуемых линий дрозофилы ПеМП разных частот, в контрольном варианте и при частоте ПеМП 8000 Гц не отмечено отклонений в распределении полов от теоретически ожидаемого, и соответствует 1/1; увеличение частоты облучения ПеМП (15000 Гц, 20000 Гц) приводит к изменению соотношения полов, достоверно увеличивается число особей женского пола и при этом наблюдаются различия, определяемые генотипом линий; из исследуемых генотипов наиболее чувствительными к магнитному воздействию оказались линии *m-5* и *w*, а наиболее устойчивыми - дикий тип *K-c* и *e*.

### 3.5 Влияние ПеМП разных частот на морфологические признаки *Drosophila melanogaster*

Данные наших исследований свидетельствуют о том, что при просмотре всех вылетевших мух дрозофил в контрольном варианте, а также при облучении ПеМП частотой 8000 Гц, из просмотренного числа мух нами не отмечено ни одной особи с изменениями морфологических признаков. Как указано было в методике, морфологические изменения были рассчитаны на 1000 мух.

При облучении ПеМП частотой 15000 Гц уже в некоторых экспериментальных линиях наблюдали изменения крыльев у мух, такие как сморщенные, оттопыренные, не расправленные, загнутые и длинные крылья (рисунок 5).

У линии *m-5* отметили наибольший процент числа морфологических изменений. Всего мух с таким морфозом, как сморщенность крыльев в этой линии было - 32, а с оттопыренными крыльями - 39 (таблица 2). Наибольшее число мух со сморщенными крыльями наблюдали также у линии *y*. Такое же изменение как сморщенность крыльев появилось и у линий *B* и *w*. Далее, как и у линии *m-5*, нами отмечено оттопыренность крыльев еще и у линий *w<sup>a</sup>* (только этот вид морфоза зафиксировано), *B* и *y*. У линии *vg* также наблюдали большое количество мух с длинными крыльями. Загнутые крылья проявились у мух линии *K-c*. У оставшихся двух линий - *e* и *cn* не отмечено никаких морфологических изменений при облучении ПеМП 15000 Гц.

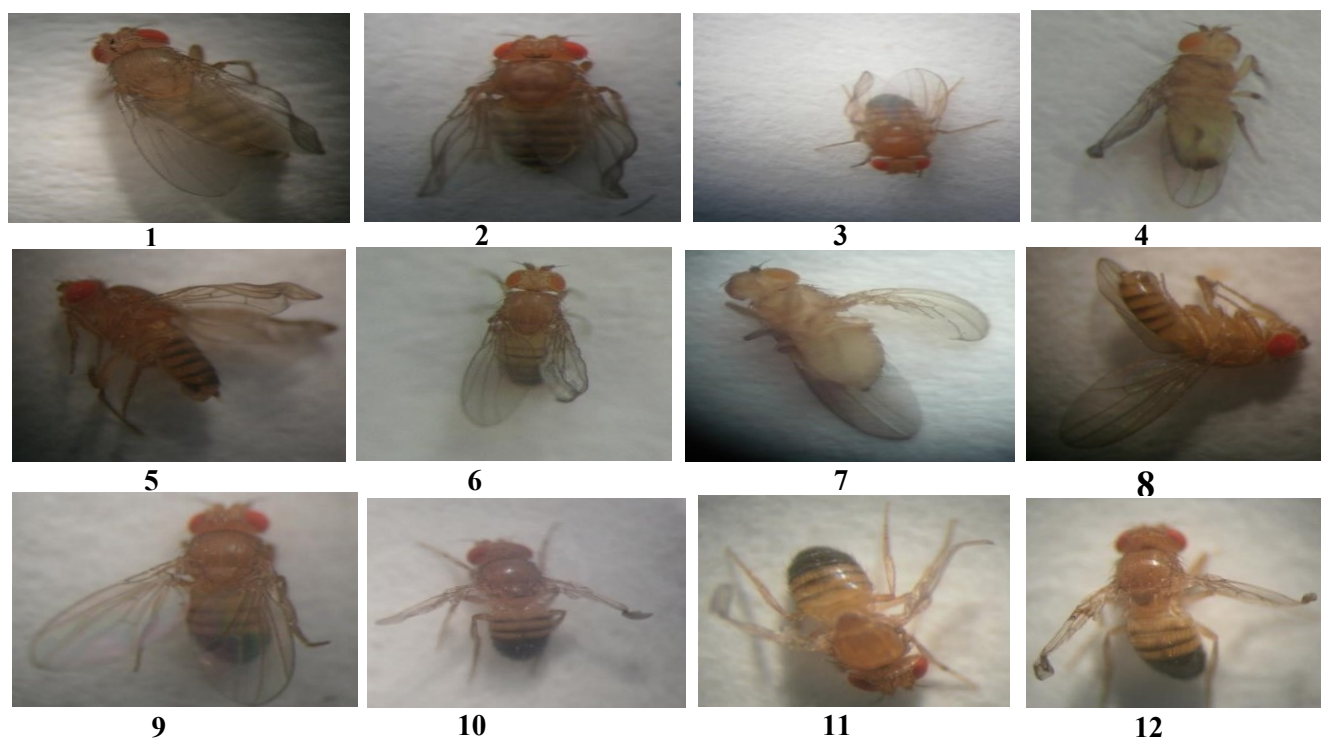


Рисунок 5 - Морфологические изменения крыла при облучении мух дрозофил ПеМП частотой 15000 Гц

1, 2, 3 – не расправленные загнутые крылья; 4, 5, 6 – сморщенные крылья; 7, 8, 9 – оттопыренные крылья; 10, 11, 12 - длинные крылья

Таблица 2 - Морфозы, наблюдаемые у *Drosophila melanogaster* при облучении ПеМП частотой 15000 Гц (на 1000 мух)

Линии дрозофил	Наблюдаемые морфозы	Всего мух с морфозами	Число морфологических изменений (в %)
К-с	не расправленные, загнутые крылья	8	1
w	сморщенные крылья	5	1
у	сморщенные крылья	14	2
	оттопыренные крылья	4	
В	сморщенные крылья	7	1
	оттопыренные крылья	4	
m-5	сморщенные крылья	32	7
	оттопыренные крылья	39	
w <sup>a</sup>	оттопыренные крылья	5	1
vg	длинные крылья	25	2
e	-	-	-
cn	-	-	-

Как свидетельствуют полученные результаты, при увеличении частоты ПеМП в 20000 Гц возрастает количество мух с морфологическими изменениями, которые были отмечены в предыдущем варианте, а также наблюдали и новые изменения крыла по их длине и закрученности, а также крылья разной длины, которые отмечали у линии *vg* (рисунок 6).

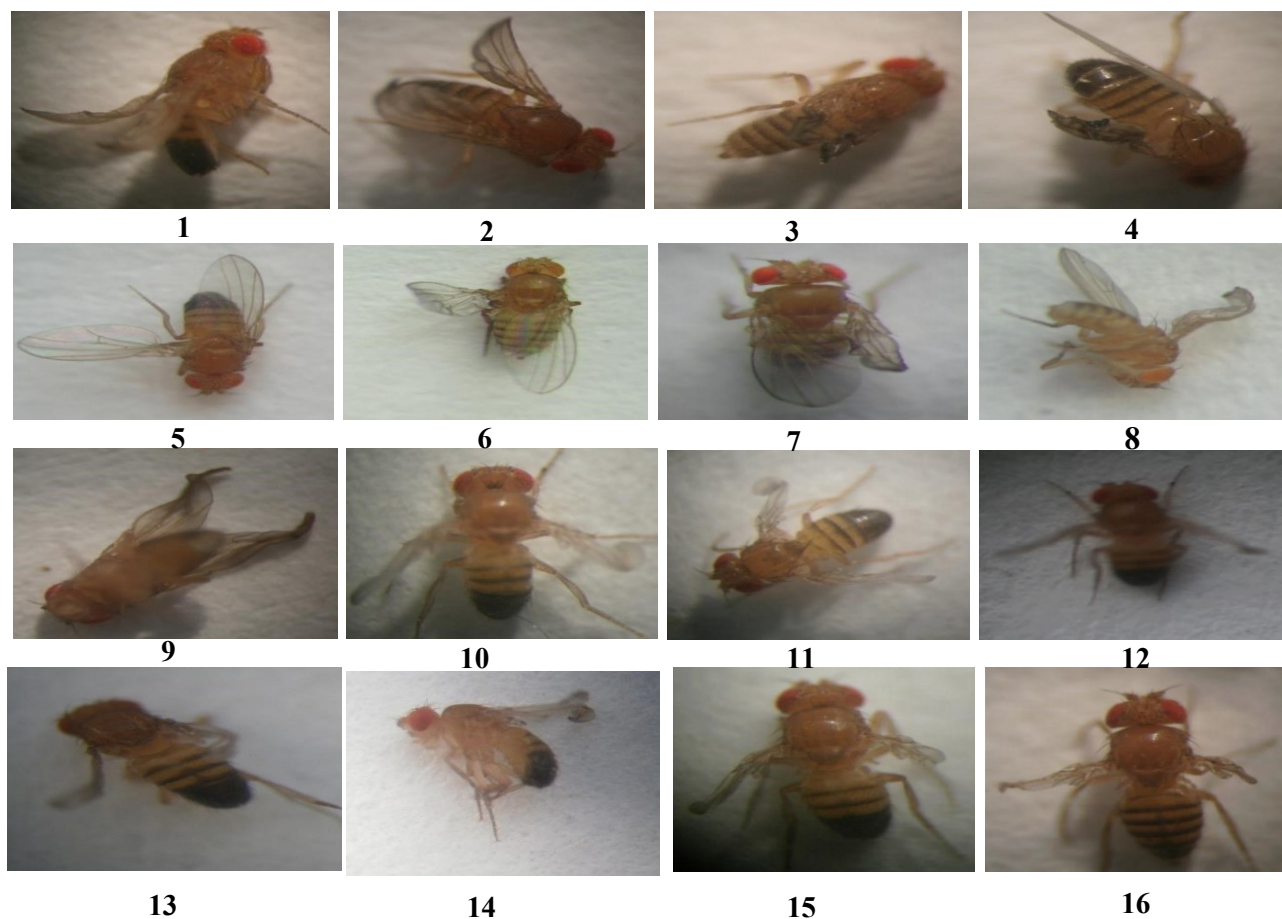


Рисунок 6 – Морфологические изменения крыла при облучении мух дрозофил ПеМП частотой 20000 Гц

1, 2 – загнутые крылья; 3, 4 – недоразвитые крылья; 5, 6 – оттопыренные крылья; 7, 8, 9 – сморщенные крылья; 10, 11, 12 – длинные крылья; 13, 14 – закрученные крылья; 15, 16 – крылья разной длины.

Как и в предыдущем опытном варианте, наибольшее число морфологических изменений отмечено у линии *m-5*. Всего мух с таким изменением, как оттопыренность крыльев в этой линии было 81, а со сморщенными крыльями оказалось - 53, что составило 14% всего морфологических изменений (таблица 3). Большое количество мух с оттопыренными крыльями отмечено также и в линии *K-c* - 41, за этой линией по количеству этого признака следует линия *y* - 30, у линии *B* - 22. У линии *e*, которая оказалась устойчивой к действию ПеМП частотой 8000 Гц и не обнаружили морфозов, появились в этом опытном варианте мухи с оттопыренными крыльями - 18. У этой линии также отметили и сморщенность крыльев - 23. Сморщенные и оттопыренные крылья наблюдали еще и у линии *sp*, где не было обнаружено никаких морфологических изменений в предыдущем опыте. После линии *m-5*,

наибольший процент числа морфологических изменений наблюдается у линии *K-c*-10%, У этой линии число мух со сморщенными крыльями было 15, с оттопыренными - 41 и с новым морфозом, как загнутые, недоразвитые крылья - 43. Новые морфологические изменения появились и у линии *vg*. В предыдущем опыте нами было отмечено у этой линии только мухи с длинными крыльями как морфологическое изменение. В этом эксперименте появились такие изменения как закрученные крылья - 8 и крылья разной длины - 19. Процент числа морфологических изменений составил 5%. Самый низкий процент числа морфологических изменений отметили у линии *w* - 1%.

Таблица 3 - Морфозы, наблюдаемые у *Drosophila melanogaster* при облучении ПемП частотой 20000 Гц

Линии дрозофил	Наблюдаемые морфозы	Всего мух с морфозами	Число морфологических изменений (в %)
K-c	загнутые и недоразвитые крылья	43	10
	сморщенные крылья	15	
	оттопыренные крылья	41	
w	сморщенные крылья	2	1
	оттопыренные крылья	12	
e	сморщенные крылья	23	4
	оттопыренные крылья	18	
y	сморщенные крылья	3	3
	оттопыренные крылья	30	
B	сморщенные крылья	11	3
	оттопыренные крылья	22	
m-5	сморщенные крылья	53	14
	оттопыренные крылья	81	
cp	сморщенные крылья	17	3
	оттопыренные крылья	15	
w <sup>a</sup>	сморщенные крылья	14	3
	оттопыренные крылья	15	
vg	длинные крылья	22	5
	закрученные крылья	8	
	крылья разной длины	19	

Исходя из результатов анализа можем сказать, что ПемП разных частот вызывает морфологические изменения у исследуемых линий дрозофил, и реакция на такое воздействие зависит от генотипических свойств. При этом нами отмечена разница не только по качеству возникших морфологических изменений, но и по их

количеству. Если суммировать мухи со всеми морфологическими изменениями по каждой исследуемой линии для каждой отдельной частоты, то замечаем, что более чувствительной к воздействию ПеМП явилась линия *m-5*, у которой при частоте ПеМП 15000 Гц процент изменений составил 7%, а с увеличением частоты до 20000 Гц он вырос до 14%, т.е. увеличился в 2 раза. Менее же чувствительной линией оказалась линия *w* (1%).

## ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАЗНЫХ ЧАСТОТ НА БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ *SOLANUM TUBEROSUM*

### 4.1 Влияние ПеМП разных частот на всхожесть клубней картофеля в условиях КБР

При применении ПеМП частотой 8000 Гц не наблюдали существенных изменений во всхожести клубней картофеля по сравнению с контрольным вариантом.

Из рисунка 7 видно, что на 12 день после посадки, всхожесть клубней сорта «Удача» при ПеМП частотой 8000 Гц меньше контрольного на 1,6% и увеличивается на 1,5% на 13 день. Также на 14 день в данном опыте всхожесть уменьшается на 1,7% по сравнению с контролем и на 1,6% на 15 день. На 17 день всхожесть составила  $82,5 \pm 2,8\%$  от общего количества посаженных клубней картофеля (рисунок 7).

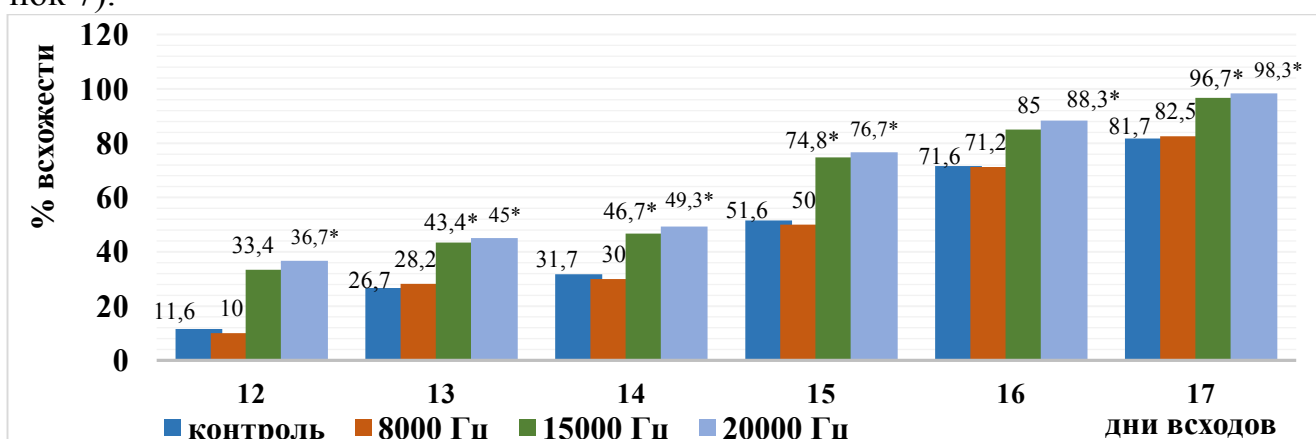


Рисунок 7 - Всхожесть клубней картофеля сорта «Удача» при применении ПеМП разных частот (здесь и далее: \*различие достоверно по сравнению с контролем при  $p < 0,05$ )

При предпосевной обработке клубней картофеля сорта «Нарт-1» ПеМП частотой 8000 Гц также не наблюдалась существенной разницы во всхожести от контроля на 16 день после посева. Лишь на 19 день отмечали наибольшее увеличение всхожести по сравнению с контрольным – на 2,8%. На 21 день после посадки, всхожесть клубней составила в контроле  $83,9 \pm 2,8\%$ , а при применении ПеМП частотой 8000 Гц -  $84,7 \pm 5,6\%$  (рисунок 8).

При применении ПеМП частотой 15000 Гц наблюдалось достоверное увеличение всхожести клубней картофеля сортов «Удача» и «Нарт-1» по сравнению с контролем. На 12 день после посадки картофеля сорта «Удача» при частоте магнитного поля 15000 Гц отмечали увеличение всхожести клубней на 21,8%.



Наибольшее увеличение всхожести (на 23,2%) по сравнению с контролем наблюдалось на 15 день после посева при частоте ПеМП 15000 Гц. А на 17 день в данном опыте всхожесть картофеля составила  $96,7 \pm 2,0\%$  от общего количества посаженных клубней картофеля. В контрольном варианте данный показатель составил  $81,7 \pm 5,4\%$ , т.е. использование ПеМП частотой 15000 Гц увеличила всхожесть данного сорта на 15,0%.

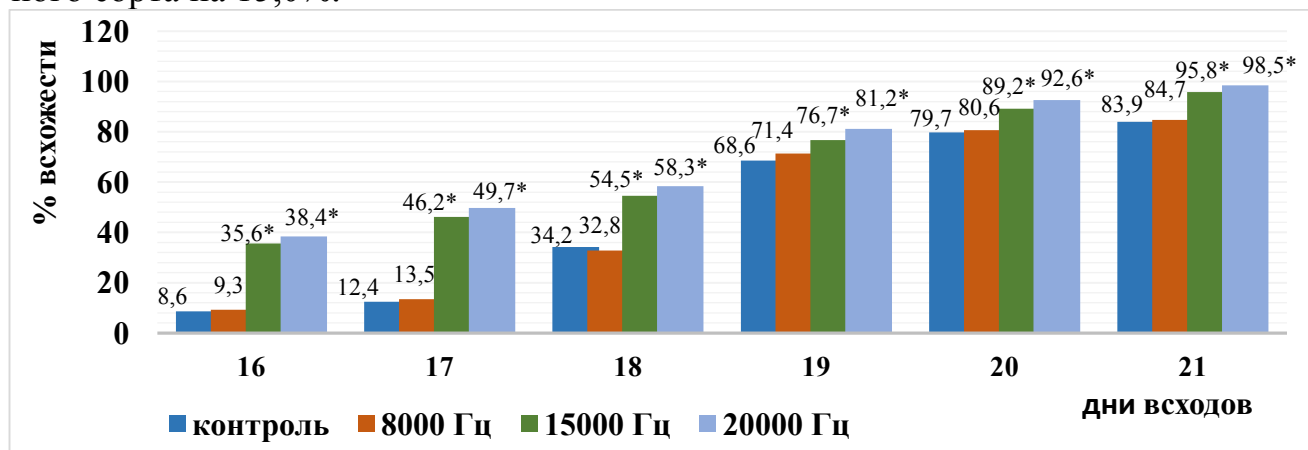


Рисунок 8 - Всхожесть клубней картофеля сорта «Нарт-1» при применении ПеМП разных частот

Предпосадочная обработка клубней картофеля сорта «Нарт-1» ПеМП частотой 15000 Гц также увеличила всхожесть клубней. Наибольшая разница в сравнении с контролем наблюдалась на 17 день всходов - 33,8%. В целом, применение ПеМП частотой 15000 Гц повысило всхожесть клубней картофеля данного сорта по сравнению с контрольным вариантом на 11,9%.

При частоте облучения 20000 Гц как и в предыдущем опытном варианте (ПеМП частотой 15000 Гц) наибольшее увеличение всхожести клубней картофеля сорта «Удача» отмечали на 15 день после посева. Всхожесть клубней составила  $76,7 \pm 2,0\%$ . На 17 день всхожесть увеличилась до  $98,3 \pm 2,0\%$ , что на 1,6% выше, чем при использовании ПеМП частотой 15000 Гц и на 16,6% чем в контрольном варианте.

Также в данном опыте наблюдалось увеличение всхожести сорта «Нарт-1» по сравнению с контролем. На 17 день после посева отмечали наибольшую разницу увеличения всхожести по сравнению с контролем (37,3%). А полные всходы наблюдали на 21 день -  $98,5 \pm 2,0\%$ , что на 14,6% выше контроля.

Таким образом, предпосадочная обработка клубней картофеля ПеМП разных частот оказало достоверное положительное влияние на всхожесть раннеспелого и среднеспелого сорта картофеля.

#### 4.2 Влияние ПеМП разных частот на биометрические показатели картофеля

Из данных таблицы 4 видно, что предпосадочная обработка клубней раннеспелого и среднеспелого сортов картофеля ПеМП разных частот оказывает положительное влияние на ее биометрические показатели. Влияние предпосадочной обработки клубней ПеМП разных частот на изменение высоты растений картофеля

по усредненным данным оказалось минимально выраженным и наименее достоверным. Изучение влияния предпосадочной обработки клубней картофеля ПеМП разных частот показало изменчивость количества стеблей, который варьирует в зависимости от применяемой частоты и от сорта.

Таблица 4 – Биометрические показатели картофеля при предпосевной обработке клубней ПеМП разных частот

Вариант	Высота растений, см	Количество стеблей шт./куст	Количество клубней шт./куст	Общий вес клубней г/куст
сорт «Удача»				
контроль	42,6±1,5	4,8±0,4	10,2±1,4	893±76,8
8000 Гц	43,1±1,2	5,0±0,6	11,4±1,2	976±17,6
15000 Гц	43,4±1,6	6,1±0,3*	15,8±1,8*	1215±19,1*
20000 Гц	43,7±1,9	7,6±0,6*	18,4±1,4*	1482±43,2*
сорт «Нарт-1»				
контроль	57,8±1,2	4,3±0,6	7,1±1,2	608±21,1
8000 Гц	58,6±1,9	4,5±0,6	7,3±0,9	691±24,2
15000 Гц	59,0±1,2	5,4±0,6	10,8±0,6*	882±14,4*
20000 Гц	59,7±1,6	6,6±0,3*	12,6±1,6*	976±16,7*

Небольшое увеличение у исследуемых сортов наблюдается при увеличении частоты ПеМП на 15000 Гц - на 1,3 шт. для сорта «Удача», и на 1,1 шт. для сорта «Нарт-1». Далее, при применении ПеМП 20000 Гц количества образованных стеблей раннеспелого сорта увеличивается до 7,6±0,6 шт. и до 6,6±0,3 шт. у среднеспелого сорта. В проведенных опытах наблюдали также увеличение количества клубней с одного куста и их общий вес при применении ПеМП разных частот. С увеличением частоты ПеМП отмечали увеличение количества клубней с куста растения исследуемых сортов. Максимальное количество клубней в кусте по сравнению с контролем имел сорт «Удача» при применении ПеМП частотой 20000 Гц. Наблюдалось увеличение данного показателя на 80,3% у этого сорта в этом опыте, и на 77,4% у сорта «Нарт-1».

Также отметили повышение продуктивности клубней с увеличением применяемой частоты ПеМП при предпосадочной обработке клубней. Масса клубней с куста при частоте 8000 Гц у сорта «Удача» составила в среднем 976±16,7 г, при контроле - 893±76,8 г. С увеличением частоты ПеМП до 15000 Гц масса клубней с куста увеличилась на 36% и составила 1215±19,1 г; и на 65,9% при частоте ПеМП 20000 Гц и составила -1482±43,2 г по сравнению с контролем. Также увеличение продуктивности клубней наблюдалось у сорта «Нарт-1». Масса клубней с куста возросла на 13,6% (691±24,2 г) при частоте ПеМП 8000 Гц, на 45% (882±14,4 г) при частоте ПеМП 15000 Гц, и на 60,5% (976±16,7 г) при частоте ПеМП 20000 Гц.

Таким образом, в результате исследования, можем сказать, что предпосадочная обработка клубней картофеля ПеМП разных частот достоверно увеличивает биометрические показатели картофеля, такие как, количества стеблей, количество

образованных клубней и их общий вес с одного куста, и тем самым повышая продуктивный потенциал картофеля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные исследования показывают, что ПеМП разных частот влияет на продолжительность жизненного цикла и развитие дрозифил. Наиболее устойчивой к используемому фактору во всех вариантах оказалась линия *w*, а более чувствительной линия *m-5*. Отмечено, что в контрольном варианте и при облучении ПеМП частотой 8000 Гц наибольший вылет мух приходится на 1-ю неделю, а при частоте 15000 Гц и 20000 Гц максимум вылета отмечается на 2-й и 3-й неделе.

Выявлена реальная репродуктивная способность по числу образовавшихся куколок и вылетевших мух. Различия показателей при применении ПеМП частотой 8000 Гц по сравнению с контролем не являлись статистически значимым ( $p > 0,05$ ) и определялись генотипом использованных линий дрозифил. При увеличении частоты ПеМП до 15000 Гц самой чувствительной оказалась линия *sn*, а более устойчивой к действию ПеМП данной частоты линия *y*. После увеличения частоты ПеМП до 20000 Гц минимальный процент не вылетевших мух также наблюдается у линии *y*, как и в предыдущем опыте, а максимальный процент зафиксирован у линий *vg* и *sn*. С увеличением частоты облучения достоверно ( $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$ ) снижается плодовитость используемых линий дрозифил.

2. Использование дисперсионного двухфакторного метода анализа данных показало, что генотипический фактор оказывает ведущую роль, а его взаимодействие с частотами ПеМП в условиях опыта оказалось незначительно.

3. Отмечено действие ПеМП указанных частот на соотношение количества самок и самцов. При использовании ПеМП частотой 8000 Гц по сравнению с контролем, отклонений в соотношении полов не наблюдается и равно 1/1. При применении ПеМП частотой 15000 Гц в экспериментируемых линиях дрозифил отмечено достоверное увеличение числа самок. В основном это наблюдается у линий *m-5* и *w*, где соотношение полов составило 1,3/1. У линии дикого типа *K-c* и линии *e* соотношение полов составило 1,1/0,9. Остальные линии имели 1,2/0,8. При увеличении частоты ПеМП до 20000 Гц наиболее существенный разрыв в соотношении полов по сравнению с первым и вторым вариантами опыта также отмечено у линий *m-5* и *w* - 1,4/0,6. У остальных линий этот показатель равнялся 1,3/0,7.

4. Морфологические изменения у исследованных мух дрозифил зафиксированы при воздействии на них ПеМП частотой 15000 и 20000 Гц. В основном отмечено такие изменения крыла как оттопыренные, сморщенные, загнутые вверх крылья, а также закрученные и длинные. На действие ПеМП частотой 15000 Гц более чувствительна чем остальные линии реагирует линия *m-5*. А линии *e* и *sn* устойчивы к действию ПеМП частотой 15000 Гц. При возрастании частоты ПеМП до 20000 Гц наблюдается увеличение числа морфологических изменений у исследуемых линий дрозифил, а также появляются и новые отклонения в морфологии крыла мух. Более чувствительной оказалась линия *m-5* (14%), менее же чувствительной линией - *w* (1%).

5. Предпосадочная обработка клубней картофеля ПеМП разных частот положительно влияет на биоресурсный потенциал картофеля. Отмечено увеличение всхожести сортов «Удача» и «Нарт-1» при предпосадочной обработке клубней ПеМП частотой 8000 Гц на 0,8%; ПеМП частотой 15000 Гц на 15,0% и 11,9% соответственно; ПеМП частотой 20000 Гц на 16,6% и 14,6% соответственно.

Предпосадочная обработка клубней картофеля ПеМП разных частот также увеличивает некоторые биометрические показатели картофеля. Отмечено достоверное увеличение среднего количества стеблей, клубней и веса с одного куста по сравнению с контролем при использовании ПеМП частотой 15000 Гц и 20000 Гц. Среднее количество стеблей у сорта «Удача» и «Нарт-1» при частоте 15000 Гц увеличилось на 27,0% и 25,5% соответственно; при частоте 20000 Гц на 58,4% и 53,4% соответственно. Среднее количество клубней и вес с одного куста у сорта «Удача» при частоте ПеМП 15000 Гц увеличились на 54,9% и 36,0% соответственно, а при частоте ПеМП 20000 Гц на 80,3% и 65,9% соответственно. У сорта «Нарт-1» данные показатели увеличились при частоте ПеМП 15000 Гц на 66,1% и 45,0% соответственно; при частоте ПеМП 20000 Гц на 77,4% и 60,5% соответственно.

### **Практические предложения**

1. Результаты исследования показывают, что *Drosophila melanogaster* может быть использована в качестве тест-системы при изучении влияния переменного магнитного поля на индивидуальное развитие организмов; для первичной индикации влияния на биологические объекты с целью выработки рекомендаций по безопасному использованию в деятельности человека; для мониторинга окружающей среды путем сравнения биологических показателей природной популяции и лабораторной линии.

2. Полученные материалы, по изучению влияния ПеМП разных частот на биоресурсный потенциал картофеля, могут дополнить существующие системы выращивания картофеля, позволяющие увеличить урожайность данной культуры.

3. Материалы диссертационной работы могут быть использованы в процессе преподавания общего курса биологии, генетики, экологии, эмбриологии, при изучении таких тем как мутационный процесс, а также растениеводство, селекция и семеноводство, биология сельскохозяйственных культур, основы научных исследований в агрономии и т.д.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

#### **в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:**

1. Кауфова М.А., Хандохов Т.Х. Влияние переменного магнитного поля разной частоты на соотношение полов *Drosophila melanogaster* // Научное мнение: научный журнал /Санкт-Петербургский университетский консорциум.– СПб. 2013. №10. С. 358-361.

2. Кауфова М.А., Хандохов Т.Х., Кереева М.К. Морфозы, наблюдаемые у *Drosophila melanogaster* при облучении переменным магнитным полем разной частоты //Фундаментальные исследования. Изд. дом “Академия естествознания”. – Москва. 2013. №10. Ч. 10. С. 2219-2222.

3. Кауфова М.А., Хандохов Т.Х. Влияние переменного магнитного поля разной частоты на плодовитость *Drosophila melanogaster* // Перспективы науки. Тамбов. 2013. № 9. С.15-19.

4. Кауфова М.А., Хандохов Т.Х., Дзуев Р.И. Влияние переменного магнитного поля разной частоты на жизненный цикл *Drosophila melanogaster* // Естественные и технические науки. Изд-во “Спутник +” Москва. 2019. № 7. С. 56-58.

5. Кауфова М.А., Хандохов Т.Х., Надзирова Р.Ю., Киржинов Г.Х., Шерхова Л.К. Действие электромагнитных полей низких частот на репродуктивную способность и наследование некоторых морфологических признаков у *Drosophila melanogaster* // Известия Горского аграрного государственного университета. Владикавказ. 2019. № 56 (4). С. 200-205.

6. Кауфова М.А., Дзуев Р.И. Влияние предпосадочной обработки переменным магнитным полем разных частот на всхожесть клубней картофеля // Известия Горского аграрного государственного университета. Владикавказ. 2021. № 58 (3). С. 26-30.

7. Кауфова М.А., Дзуев Р.И. Влияние переменного магнитного поля частотой 20000 Гц на биометрические показатели картофеля (*Solanum Tuberosum* L.) // Естественные и технические науки. Изд-во “Спутник +” Москва, 2021. № 7 (158). С.85-87.

**в других изданиях:**

1. Кауфова М.А., Хандохов Т.Х. Влияние переменных магнитных полей средних частот на биологические объекты (*Drosophila melanogaster*) // материалы XI международной научной конференции “Биологическое разнообразие Кавказа”, посвященной 70-летию Точиева Т.Ю. (16-18 октябрь 2009г.). Назрань. 2009. С. 457-459.

2. Kaufova M.A., T.N. Khandohov Studying of a variable magnetic field on a parity of floors and survival rate at various stages of *Drosophila melanogaster* development // Proceedings of the V-th. international Young scientists conference «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution». Odessa. 2011. P. 88.

3. Кауфова М.А., Хандохов Т.Х. Влияние переменного магнитного поля частотой 20000 Гц на *Drosophila melanogaster* // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы Всероссийской научно практической конференции с международным участием (14-15 мая 2012 г.). Грозный. 2012. С. 202-206.

4. Кауфова М.А. Влияние переменного магнитного поля разной частоты на морфологические показатели *Drosophila melanogaster* // материалы XV международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России», (5-6 ноября 2013 г.). Махачкала. 2013. С. 266-268.

5. Кауфова М.А. Влияние переменных магнитных полей на изменение морфофизиологических характеристик *Drosophila melanogaster* //Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины: материалы V Международной научно-практической конференции, (3–5 октября 2013 г). Ставрополь. 2013. С. 433-434.

Подписано в печать 05.07.2022 г.  
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл.- печ. л. 1. Тираж 100 экз.  
Издательство М. и В. Котляровых.  
360051 г. Нальчик, ул. Кабардинская, 19.  
[elbrus@mail.ru](mailto:elbrus@mail.ru)