

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ

Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра генетики

**ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЧ-ДИАПАЗОНА**

**НА ЦИКЛОЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 422 группы

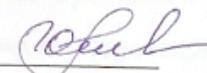
Направления подготовки бакалавриата 06.03.01 Биология

Биологического факультета

Березюка Артёма Денисовича

Научный руководитель:

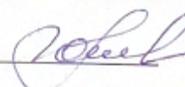
доктор биол. наук, доцент

10.06.22 

О.И. Юдакова

Зав. кафедрой:

доктор биол. наук, доцент

10.06.22 

О.И. Юдакова

Саратов 2022

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность темы.** В настоящее время актуальной проблемой биологической науки является поиск новых технологий для целенаправленного воздействия на животные и растительные организмы. Часто подобные технологии основываются на воздействии физических факторов, например, особый интерес у учёных вызывает электромагнитное излучение.

Электромагнитное излучение (ЭМИ) является физическим фактором среды, который оказывает существенное влияние на различные живые организмы, поэтому данный вид излучения находит применение в медицине, в некоторых отраслях промышленности и сельском хозяйстве. Количество техногенных источников и их мощности уже сейчас позволяют говорить о ЭМИ в СВЧ и КВЧ диапазонах, как о важном техногенном факторе окружающей среды, влияющим на стабильность экосистем.

Миллиметровое излучение активно используется в медицине, биологии и химии. Описано влияние на различные физиологические процессы и свойства у микроорганизмов и растений: клеточное деление, морфологические признаки, скорость роста, выход биомассы, ферментативную активность и др.

Влияние электромагнитного излучения на живые организмы непрерывно исследуется. Естественный электромагнитный фон – физический фактор окружающей среды, влияющий на все процессы жизнедеятельности. Тщательное изучение влияния ЭМИ позволит применять полученные знания для целенаправленного воздействия на живые организмы, направленного на достижение определённых реакций: изменение характера и интенсивности процессов жизнедеятельности, роста и развития биообъектов, модификацию отклика на другие внешние воздействия, в том числе, стрессовые факторы.

### **Цель и задачи исследования.**

Цель данной работы - выявить особенности влияния электромагнитного пол СВЧ-диапазона на циклоз клеток элодеи канадской (*Elodea canadensis* Michx.).

Для реализации цели работы необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть понятие и основные характеристики электромагнитных полей,
- проанализировать имеющийся опыт проведения исследований влияния электромагнитных полей на растения,
- разработать и провести эксперимент по влиянию электромагнитного поля на Элодею Канадскую (*Eloдея canadensis Michx.*)

### **Материал и методы исследования.**

**Тест-объектом** в настоящем исследовании послужила Элодея Канадская (*Eloдея canadensis Michx.*) – водное растение семейства водокрасовые. Данный объект удобен для изучения движения цитоплазмы (циклоза) и перемещения хлоропластов внутри клетки, поскольку небольшая толщина листа и оптическая прозрачность клеточного слоя удобны для микроскопического изучения живых клеток.

Лист элодеи достаточно прозрачен, так как состоит всего из двух слоев клеток. Отделив лист от стебля, следует положить его в каплю воды на предметное стекло и накрыть покровным стеклом.

При изучении влияния ЭМИ на скорость движения цитоплазмы в листьях элодеи для определения скорости цитоплазмы необходимы окуляр микрометр, микрометрическая линейка и секундомер. При помощи секундомера определяется время прохождения хлоропластом расстояния между выбранными двумя делениями окуляр микрометра. Скорость движения цитоплазмы выражается количеством делений окуляр микрометра, пройденного хлоропластом в течение 1 секунды.

Для наблюдения за движением цитоплазмы берут лист элодеи, выдержанный на ярком свете, помещают его в каплю теплой воды на предметное стекло, накрывают покровным и рассматривают препарат под микроскопом. Рассматривают несколько участков листа центр, край, кончик и место среза.

Цитоплазма в клетках движется, что видно по перемещению хлоропластов.

Листья элодеи представляют собой в основном два слоя хлорофилл содержащих клеток, верхний слой состоит из более крупных клеток, чем клетки нижнего слоя. Для эксперимента использовались листья с средней части побега, которые отделялись от него при помощи пинцета и помещались в водопроводную воду. Часть листа, отделённую лезвием, помещали на предметное стекло и накрывали покровным стеклом.

Предметное стекло с образцом располагали на предметном столике микроскопа. Изучение объекта происходило при среднем увеличении окуляра ( $\times 40$ ). Все данные эксперимента получены на микроскопе Axiostar plus, снабженным цифровым фотоаппаратом Canon A640. Для определения скорости движения клеток применялся окулярный и объективные микрометры.

**Структура и объем работы.** Работа изложена на 45 страницах, включает в себя введение, 4 главы, заключение, выводы, список использованных источников. Работа проиллюстрирована 5 таблицами и 6 рисунками. Список использованных источников включает в себя 23 наименования.

### **Основное содержание работы**

В главе «Основные характеристики электромагнитных полей» представлена краткая характеристика электромагнитных полей и возможности их практического применения в различных отраслях. Приведены сведения об их особенностях и видах.

В главе «Воздействие электромагнитных полей на живые организмы» показано влияние электромагнитного облучения на животных, растений и людей. Так же применение ЭМИ в биотехнологии. Разобрано влияние на живые клетки. Представлено описание и природа цитоплазматического движения в растительных клетках.

Эксперимент проводился в несколько этапов. В первой серии экспериментов в качестве «контроля» фиксировали скорость движения хлоропластов до воздействия ЭМИ. В последующих сериях экспериментов применяли воздействие ЭМИ с частотами 50, 60, 70, 129, 142, 150 ГГц соответственно, далее проводилось сравнение воздействия этих же частот, но с

разной импульсивностью (прерывно и непрерывно). Эксперимент проводили при температуре воздуха 26°C и температура воды 23 °С.

Каждая частота ЭМИ испытывалась на новом листе. Скорость хлоропластов в клетке у всех экспериментальных листов замеряли на кончике, около места среза, центре и с края листовой пластины. Облучение проводили в течение 5, 10, 15, 20 и 25 минут.

Генератор Г4-142 был перевернут и поставлен на торец, контактной пластиной вверх. На контактную пластинку установили пластиковую ёмкость с небольшим количеством воды, в воду помещен лист элодеи. Расстояние от контактной пластины до исследуемого объекта, на всем протяжении эксперимента была идентична. Температура воздуха и воды проверялась перед каждым облучением.



*а*

*б*

*а* - общий вид генератора; *б* - расположение исследуемого объекта (*об*) в рупоре генератора

Рисунок 1 - Генератор электромагнитного излучения

После облучения для приготовления временного препарата использовалась вода из пластиковой ёмкости. Для каждого облучения использовалась свежая вода из аквариума с Элодеей.

На первом этапе эксперимента выявляли зависимость скорости движения хлоропластов от частоты ЭМИ и времени облучения. В таблице 1 приведены значения скорости движения хлоропластов в контроле (0 Гц) и при воздействии ЭМИ с частотами 50, 60, 70, 129, 142, 150 ГГц, рассчитанные в трех проворностях в клетках из четырех разных участков листа, как в средней его части, так и вблизи края листовой пластинки при разном временном воздействии.

Таблица 1 - Зависимость скорости движения хлоропластов от частоты ЭМИ

Частота ЭМИ, ГГц	Время облучения, мин	Скорость хлоропластов, мкм/с				
		Место на листовой пластине				
		Кончик	Срез	Центр	Край	Среднее значение
0	0	2,92	5,42	0,00	0,42	2,19
50	5	16,67	5,00	0,42	18,33	10,10
	10	0,83	11,67	6,67	2,08	5,31
	15	11,67	5,00	0,00	11,67	7,08
	20	1,67	0,00	1,67	0,00	0,83
	25	3,33	3,33	0,00	0,42	1,77
60	5	13,33	6,67	0,83	1,67	5,63
	10	11,67	3,33	0,42	0,00	3,85
	15	11,67	4,58	1,67	3,33	5,31
	20	6,67	8,33	23,33	20,00	14,58
	25	23,33	13,33	0,00	11,67	12,08
70	5	21,67	8,33	6,67	2,08	9,69
	10	23,33	6,67	3,33	11,67	11,25
	15	18,33	13,33	6,67	15,00	13,33
	20	26,67	6,67	20,00	36,67	22,50
	25	23,33	6,67	21,67	31,67	20,83
129	5	6,67	10,00	33,33	6,67	14,17
	10	35,00	8,33	51,67	28,33	30,83
	15	21,67	43,33	8,33	51,67	31,25
	20	6,67	18,33	6,67	10,00	10,42
	25	5,00	50,00	60,00	48,33	40,83
142	5	2,50	0,00	8,33	2,08	3,23
	10	3,33	3,33	2,92	0,83	2,60
	15	6,67	10,00	6,67	4,17	6,88
	20	51,67	6,67	23,33	2,50	21,04
	25	11,67	50,00	20,00	56,67	34,58
150	5	28,33	18,33	11,67	38,33	24,17
	10	0,00	6,67	5,83	0,83	3,33
	15	7,50	5,00	2,92	3,75	4,79
	20	18,33	5,83	10,00	33,33	16,88
	25	3,33	1,25	5,83	0,83	2,81

Результаты показали, что при частоте ЭМИ 70 ГГц наблюдается повышение скорости движения хлоропластов по сравнению с контролем независимо от времени облучения листа (рисунок 4). При других частотах увеличение времени облучения листа с 5 до 25 минут могло как ускорять, так и замедлять скорость движения хлоропластов. Максимальную скорость циклоза наблюдали при воздействии на лист ЭМИ частотой 129 ГГц в течение 25 минут (рисунок 4).

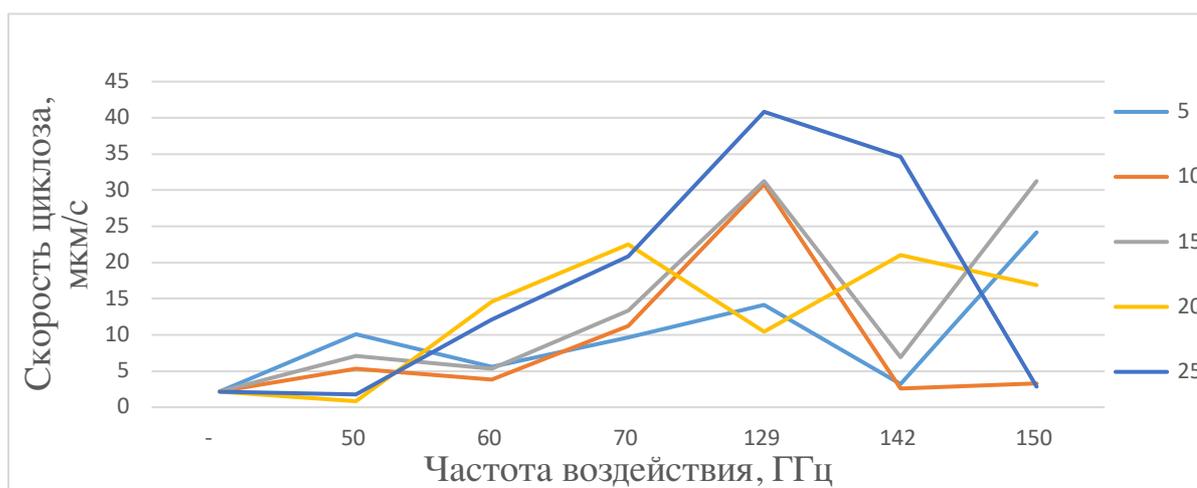


Рисунок 2 - Зависимость средней скорости движения хлоропластов от частоты и времени воздействия ЭМИ на лист элодеи

Для проведения эксперимента листья элодеи брали с разных участков побега. Установлено, что в необлученных клетках центральной части листа хлоропласты имели практически нулевую скорость движения, а после облучения эффект воздействия на них оказался наиболее высоким. В связи с этим для анализа изменения скорости циклоза от частоты ЭМИ и времени облучения были клетки именно центральной части листа. На рисунке 5 показана гистограмма зависимости скорости движения хлоропластов в центральной части листа от частоты ЭМИ и времени облучения, на котором видно, что при 15-минутном облучении скорость циклоза слабо изменялась вне зависимости от частоты ЭМИ. Самые значительные колебания скорости движения цитоплазмы наблюдали при 5, 10 и 25-минутном воздействии. При данных экспозициях отчетливо выявлялся

пик увеличения скорости циклоза при облучении клеток ЭМИ частотой 129 ГГц, тогда как дальнейшее увеличение времени облучения приводило, наоборот, к резкому падению скорости циклоза. Наибольшая скорость циклоза зарегистрирована при облучении клеток ЭМИ частотой 129 ГГц в течение 25 минут (рисунок 5).

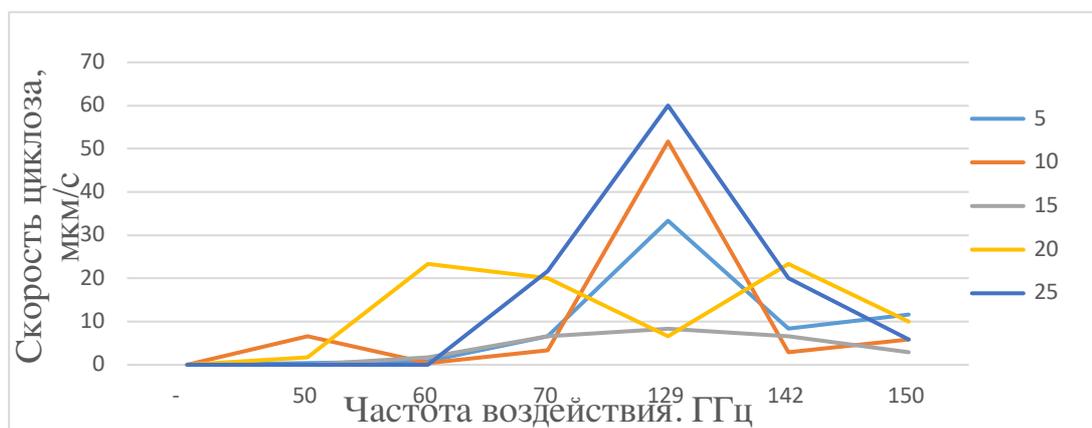


Рисунок 3 – Зависимость скорости движения хлоропластов в центральной части листа от частоты ЭМИ

Статистическая обработка полученных данных с помощью двухфакторного дисперсионного анализа показала, что скорость циклоза зависит как от частоты ЭМИ, так и от времени воздействия ЭМИ на клетки. Однако, и в том, и в другом случае не наблюдается линейной зависимости. Так, при 15-ти минутном воздействии наблюдается самая низкая скорость движения хлоропластов, в то время как 25-ти минутное облучение, наоборот, вызывает максимальное увеличение циклоза. Эффект облучения наблюдался при всех использованных частотах, но скорость движения хлоропластов при частоте 129 ГГц статистически достоверно отличалась от скорости циклоза в других вариантах эксперимента. Увеличение частоты ЭМИ свыше 129 ГГц вызывало резкое снижение скорости циклоза.

Таблица 2 - Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями. Зависимость скорости тока цитоплазмы в центральной части листовой пластины от времени и частоты облучения

	Фактор Б						Средняя по фактору А	
	Время облучения, мкм/с							
Фактор А		5	10	15	20	25		
	0	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	50	0,42ab	6,67abc	0,00a	1,67ab	0,00a	1,75ab	1,75ab
	60	0,83ab	0,42ab	1,67ab	23,33gh	0,00a	5,25bc	5,25bc
	70	6,67abc	3,33abc	6,67abc	20efgh	21,67fgh	11,67de	11,67de
	129	33,33i	51,67j	8,33abc	6,67abc	60k	32f	32f
	142	8,33abc	2,92abc	6,67abc	23,33h	20defgh	12,25e	12,25e
	150	11,67cd	5,83abc	2,92abc	10bc	5,83abc	7,25c	7,25c
Средняя по фактору Б		8,75b	10,12bc	3,75a	12,14c	15,36d		
		ss	df	ms	F			
Фактор Б		1552,47	4	388,118	15,787*			
Фактор А		10350,357	6	1725,06	70,167*			
А+Б		8863,77	24	369,324	15,022*			

Примечание: В каждом варианте изучены три повторности из четырех участков листа. Данные, обозначенные разными буквами в одном столбце, достоверно различаются друг от друга по результатам двухфакторного дисперсионного анализа (Duncan's Multiple Range Test); *ns* – нет достоверной разницы; \*  $p \leq 0,05$

Задачей второго этапа эксперимента было определение влияния режима облучения (непрерывного и импульсного) на циклоз. При данных режимах листья облучали ЭМИ частотой 129 и 142 ГГц (таблица 3, рисунок 6). При обоих режимах максимальная скорость циклоза наблюдалась при облучении клеток ЭМИ частотой 129 ГГц в течение 25 минут. При этом непрерывное облучение в большинстве случаев оказывало на клетки больший эффект по сравнению с импульсным излучением.

Таблица 3 - Зависимость скорости движения хлоропластов от ЭМИ разной частоты и различного импульсного цикла

Частота облучения, ГГц	Время облучения, мин	Режим облучения	
		Прерывный	Постоянный
0	5	2,18	2,18
	10	2,18	2,18
	15	2,18	2,18
	20	2,18	2,18
	25	2,18	2,18
129	5	7,50	14,17
	10	3,75	30,83
	15	16,25	31,25
	20	12,08	10,42
	25	22,50	40,83
142	5	3,23	3,23
	10	5,04	2,60
	15	2,58	6,88
	20	4,38	21,04
	25	4,48	34,58

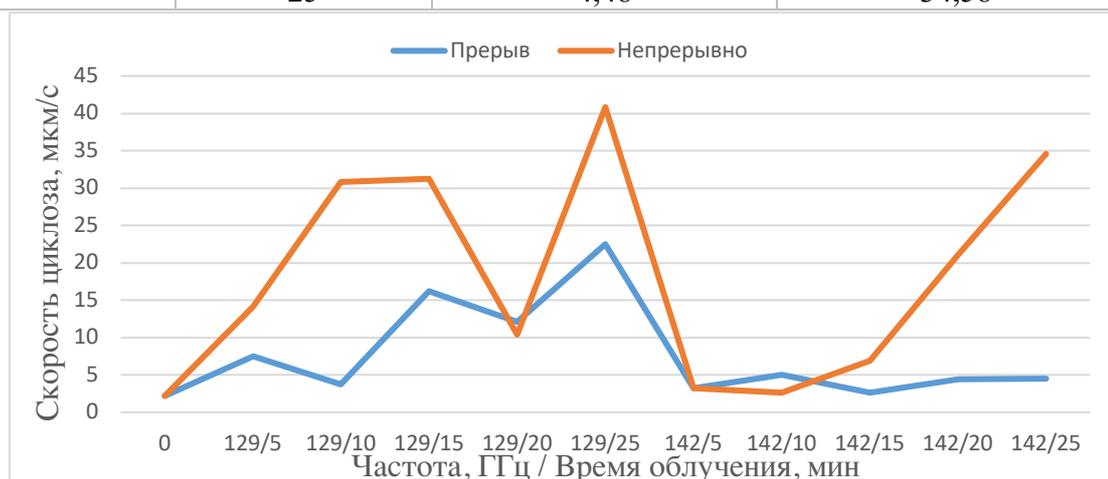


Рисунок 4 - Скорость хлоропластов при частотах воздействия 129, 142 ГГц в непрерывном и импульсном режимах

Воздействие на растения волнами крайне высокой частоты показали всю неоднозначность влияния волн миллиметрового диапазона на интенсивность циклоза и скорость движения хлоропластов в клетках листа элодеи канадской. Статистический двухфакторный анализ полученных данных показал, что постоянный режим достоверно отличается от импульсного режима по оказываемому на клетки эффекту (различия статистически достоверны при  $p \leq 0,05$ ) (табл. 4, 5). Выявлено также, что на скорость циклоза частота и режим

облучения оказывают усиливающее друг на друга действие, т. е. наблюдается синергизм действия этих двух факторов. влияние. Наибольшая скорость наблюдалась в вариантах, где время воздействия составляло 20, 25 минут.

Таблица 4 - Зависимость скорости движения хлоропластов времени и режима импульсного цикла ЭМИ при 142 ГГц

Время воздействия, мин (фактор А)	Скорость движения хлоропластов при разном режиме облучения, мкм/с (фактор Б)			
	Импульсный	Постоянный	Средняя по фактору А	
5	3,23a	3,22ab	3,23a	
10	5,04ab	2,58a	3,81a	
15	3,5a	6,85ab	5,18a	
20	4,35ab	20,85bc	12,6ab	
25	4,45ab	34,6c	19,53b	
Средняя по фактору Б	4,11a	13,62b		
	ss	df	ms	F
Фактор Б	903,735	1	903,735	8,069*
Фактор А	1588,605	4	397,151	3,546*
А+Б	1493,407	4	373,352	3.334*

Примечание: В каждом варианте изучены три повторности из четырех участков листа. Данные, обозначенные разными буквами в одном столбце, достоверно различаются друг от друга по результатам двухфакторного дисперсионного анализа (Duncan's Multiple Range Test).

Таблица 5 - Зависимость скорости движения хлоропластов времени и режима импульсного цикла ЭМИ при 129 ГГц

Время воздействия, мин (фактор А)	Скорость движения хлоропластов при разном режиме импульсного цикла, мкм/с (фактор Б)			
	импульсный	постоянный	Средняя по фактору А	
5	11,26ab	14,17ab	12,72a	
10	3,75a	30,83bc	17,29ab	
15	16,25ab	31,25bc	23,75ab	
20	12,1ab	10,43ab	11,26a	
25	22,5abc	40,83c	31,66b	
Средняя по фактору Б	13,17a	25,5b		
	ss	df	ms	F
Фактор Б	1519,92	1	1519,92	7,419*
Фактор А	2276,999	4	569,25	2,778*
А+Б	1090,439	4	272,61	1,331 <sup>ns</sup>

Примечание: В каждом варианте изучены три повторности из четырех участков листа. Данные, обозначенные разными буквами в одном столбце, достоверно различаются друг от

друга по результатам двухфакторного дисперсионного анализа (Duncan's Multiple Range Test); ns – нет достоверной разницы; \*  $p \leq 0,05$

Выявлено также, что на скорость циклоза частота и режим облучения оказывают усиливающее друг на друга действие, т. е. наблюдается синергизм действия этих двух факторов. влияние. Наибольшая скорость наблюдалась в вариантах, где время воздействия составляло 20, 25 минут.

### ВЫВОДЫ

1. Электромагнитное воздействие на клетки листа элодеи канадской (*Elodea canadensis* Michx.) диапазоне частот от 50 до 150 ГГц оказывают влияние на ток цитоплазмы, увеличивая скорость циклоза по сравнению контролем. Прямой зависимости скорости циклоза от частоты ЭМИ не наблюдается.

2. Максимальная скорость циклоза установлена при воздействии на клетки ЭМИ с частотой 129 ГГц в течение 25 минут в режиме постоянного излучения. При увеличении частоты ЭМИ до 142 ГГц наблюдается резкое снижение скорости циклоза по сравнению с ЭМИ частотой 129 ГГц.

3. Эффект облучения на циклоз зависит от частоты ЭМИ, времени и режима облучения (постоянного и импульсного). Прямой зависимости скорости движения хлоропластов от данных факторов не установлено.

4. Постоянный режим облучения клеток оказывает на циклоз, как более выраженный эффект по сравнению с импульсным режимом. При воздействии на клетки ЭМИ с частотой 129 ГГц в течение 25 минут при постоянном режиме облучения скорость циклоза практически в два раза превышает таковую при импульсном режиме.

