

На правах рукописи

Барышев Михаил Геннадьевич

**Взаимодействие низкочастотного магнитного поля с
растительными объектами**

03.00.16. — Экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

МОСКВА — 2003

Работа выполнена на кафедре радиозэкологии
Российского университета дружбы народов
и на кафедре физики полупроводников
Кубанского государственного университета

Научные консультанты:

доктор технических наук, профессор
доктор биологических наук, профессор

Касьяненко А.А.,
Козлов Ю.П.

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор
доктор биологических наук, профессор
доктор химических наук, профессор

Мишанин Ю.Ф.,
Четвериков А.Г.,
Калабин Г.А.

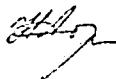
Ведущая организация: Государственное Унитарное предприятие
Научно-исследовательский институт «Продовольственного-
Машиностроения» (НИИ «Мир-Продмаш»), г. Москва.

Защита состоится 13 февраля 2003 г. в 16⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д.212.203.17 в Российском университете дружбы
народов (113093 ГСП, г. Москва, Подольское шоссе, д. 8/5, экологический
факультет РУДН).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Россий-
ского университета дружбы народов
(117198, ГСП, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6).

Автореферат разослан 3 января 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук,
профессор



Н.А. Черных

2003-А
3241

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Бурное развитие науки и промышленности поставило человеческую цивилизацию на грань катастрофы. Если динамика изменения экологической ситуации не претерпит существенного изменения в положительную сторону в ближайшее время, то гибель цивилизации будет неотвратима.

В настоящее время контролю за состоянием окружающей среды уделяется все больше внимания. Наряду с температурой, влажностью, загрязненностью воздуха, воды, почвы исследуется и состояние электромагнитного фона.

Действие электромагнитного поля (ЭМП) на биосистемы изучается практически с момента появления первых генераторов ЭМП. Воздействие ЭМП на биологические системы значительной напряженности (приводящие к тепловым эффектам в биосистемах) исследованы в настоящий момент достаточно полно, слабые воздействия низкочастотных полей (нетеплового характера) пока изучены недостаточно.

Однако в настоящее время известно, что при воздействии первого типа у биологических объектов включаются, как правило, защитные механизмы, которые способствуют компенсации этого воздействия, в случае же слабых воздействий этого обычно не наблюдается.

Ранее считалось, что опасными для человека и окружающей его среды являются только сильные электромагнитные поля (ЭМП), характеризующиеся значительными напряженностями электрической и магнитной составляющей поля. Однако последние исследования показали чрезвычайно высокую чувствительность биологических систем как растительного, так и животного происхождения к слабым ЭМП, по уровню напряженности сопоставимым с полем Земли.

Значительное количество магнитобиологических эффектов приходится на крайне низкочастотный (КНЧ) (3-30 Гц) и сверхнизкочастотный диапазоны (СНЧ) (30-300 Гц) ЭМП, но первичный механизм этого действия до сегодняшнего дня остается до конца неясным.

Человечество постоянно использует различные ЭМП для передачи информации, осуществления определенных технологических циклов в промышленном производстве, лечении различных заболеваний и так далее, при этом неизбежно создаются помехи и изменяется общий электромагнитный фон, что отрицательно сказывается на состоянии биосферы.

Существующие в настоящее время экологические нормативы для радиопередающей аппаратуры, электроаппаратуры и т.д. разработаны исходя из устаревших представлений о невозможности влияния на человека слабых ЭМП.

Однако, биологические системы как растительного, так и животного происхождения постоянно находятся под воздействием естественных и искусственных источников электромагнитного поля, и в ходе эволюции у них выработались механизмы восприятия информации о состоянии окружающей среды посредством взаимодействия с электромагнитным полем Земли, поэтому высокая чувствительность биологических систем к изменениям электромагнитного фона является эволюционно оправданной.

В этой связи становится очевидной необходимость исследования влияния ЭМП на биологические системы для более полного понимания механизмов этого влияния и последующей выработки экологически обоснованных нормативов, которые помимо биотропных параметров (интенсивность, время воздействия, градиент) будут включать в себя дополнительные параметры: частоту следования импульсов, форму, длительность и т. д. Кроме того, основываясь на новых подходах и знаниях, возможно создание новых энергосберегающих технологий по обработке сырья растительного и животного происхождения ЭМП. Использование этих технологий в сельском хозяйстве позволит увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшить количество вносимых удобрений и в итоге снизить нагрузку в агроландшафтах. В пищевой промышленности - сэкономить энергоресурсы и уменьшить потери сырья, что позитивно скажется на экологической ситуации в регионах Российской Федерации.

Однако, новые технологии должны быть полностью безопасны для окружающей среды. Несистемное применение электромагнитной обработки, особенно широко используемое в сельском хозяйстве нашей страны в 80-е годы прошлого столетия, и наметившаяся тенденция к аналогичному, непродуманному использованию электромагнитных полей в настоящее время внушают серьезные опасения, так как накопленный за последние двадцать лет экспериментальный материал подтверждает выводы исследователей о влиянии ЭМП диапазонов КНЧ и СНЧ на генетический аппарат биологических объектов как растительного, так и животного происхождения.

Поскольку исследование магнитобиологических эффектов у биосистем животного происхождения требует значительных материальных затрат и наталкивается на существенные трудности корректного физического обоснования, нами проводились исследования влияния ЭМП на биосистемы растительного происхождения.

Большинство искусственных источников ЭМП генерируют либо амплитудно-модулированные (АМ), либо частотно-модулированные (ЧМ) ЭМП, поэтому в настоящее время необходимо провести исследования по влиянию АМ и ЧМ ЭМП на биосистемы растительного происхождения. Кроме того, использование АМ или ЧМ ЭМП, у которых в качестве модулирующих частот используются частоты КНЧ или СНЧ диапазонов, ввиду

более простой возможности экранировки от них по сравнению с ЭМП КНЧ и СЧ диапазона участков экосистемы, которые не должны быть подвергнуты воздействию указанных полей, должно обеспечить более широкие возможности при использовании новых экологически обоснованных технологий обработки биологических систем растительного происхождения.

Цель работы. Нахождение экспериментальных закономерностей взаимодействия низкочастотного амплитудно- и частотно-модулированного магнитного поля с биологическими системами растительного происхождения и оценка возможности использования этих полей в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. В качестве модулирующих частот используются крайне низкие частоты, диапазона от 3 Гц до 30 Гц.

Поставленная цель достигалась решением следующих задач:

* установление закономерностей воздействия магнитного поля крайне низких частот на изменение количества и качества биомассы сельскохозяйственных культур;

* установление закономерностей воздействия низкочастотных магнитных полей амплитудно- и частотно-модулированными колебаниями крайне низкочастотного диапазона на изменение количества и качества биомассы сельскохозяйственных культур;

* исследование воздействия магнитного поля крайне низкочастотного диапазона и магнитного поля низкой частоты амплитудно- и частотно-модулированными колебаниями крайне низких частот на физико-химические характеристики анализируемых биообъектов;

* исследование изменения разнообразия и численности микроорганизмов на поверхности исследуемых объектов при воздействии магнитного поля крайне низких частот и низкочастотного магнитного поля, амплитудно- и частотно-модулированными колебаниями крайне низкочастотного диапазона;

* исследование возможности использования магнитного поля крайне низких частот и низкочастотного магнитного поля, амплитудно- и частотно-модулированными колебаниями крайне низкочастотного диапазона в пищевой промышленности и сельском хозяйстве;

* разработка экологически обоснованных режимов обработки исследуемых биообъектов магнитным полем.

Научная новизна работы. На примере обработки семян подсолнечника, сахарной свеклы, диффузионного сока сахарной свеклы, а также модельных химических реакций показано явление детектирования магнитных колебаний крайне низкочастотного диапазона как в биологических системах растительного происхождения, так и в экстракционных растворах. Установлено, что при воздействии магнитного поля на семе-

на подсолнечника с определенными частотами, лежащими в крайне низкочастотном диапазоне происходит увеличение качества всхожести семян на одних частотах, так и уменьшение на других. Построенна модель детектирования растительными биологическими объектами низкочастотного магнитного поля амплитудно- и частотно-модулированного колебаниями крайне низкочастотного диапазона. **Впервые:** установлено, что воздействие на семена подсолнечника низкочастотного магнитного поля амплитудно- и частотно-модулированного колебаниями крайне низких частот приводит к увеличению и уменьшению их качества всхожести в зависимости от значения модулирующей частоты; установлено, что частота несущей амплитудно- и частотно-модулированного магнитного поля оказывает достоверного влияния на изменения качества всхожести по сравнению с модулирующей частотой; при воздействии на семена низкочастотного магнитного поля амплитудно-модулированного колебаниями крайне низкочастотного диапазона установлена зависимость изменения качества всхожести от глубины модуляции; исследовано изменение качества всхожести при воздействии на семена подсолнечника низкочастотного амплитудно-модулированного магнитного поля; дополнительно амплитудно-манипулированного прямоуглыми импульсами; установлено, что при воздействии на диффузионный сок сахарной свеклы магнитного поля крайне низкочастотного диапазона наблюдается как увеличение чистоты растворов, так и её уменьшение в зависимости от выбора воздействующей частоты; установлено, что воздействие на диффузионный сок сахарной свеклы низкочастотного магнитного поля амплитудно- и частотно-модулированного колебаниями крайне низкочастотного диапазона приводит к увеличению и уменьшению чистоты растворов в зависимости от выбора модулирующей частоты; при воздействии на диффузионный сок сахарной свеклы низкочастотного магнитного поля амплитудно-модулированного колебаниями крайне низкочастотного диапазона установлена зависимость изменения чистоты растворов от глубины модуляции.

— **Научно-практическая значимость работы.** Разработана экспресс методика определения резонансных частот для различных биосистем растительного происхождения. Результаты работы могут быть использованы для создания благоприятного электромагнитного фона для биосистем, находящихся как в условиях экранирования от естественного электромагнитного фона, так и в естественных условиях, а также для дальнейшего изучения механизмов ответов биосистем на электромагнитные поля и развития фундаментальной теории в этой области. Полученные в результате экспериментов режимы обработки биосистем амплитудно-модулированным и частотно-модулированным магнитным полем могут быть рекомендованы для использования увеличения урожайности сель-

скохозяйственных культур, увеличения выхода сахара при переработке сахарной свеклы на заводах пищевой промышленности.

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены на научных конференциях и семинарах:

- международной практической конференции Юга России «Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения». (Краснодар 2000);
- международной научной конференции «Прогрессивные пищевые технологии — третьему тысячелетию». (Краснодар 2000);
- шестой международной конференции «Экология и здоровье человека. Экологическое образование. Математические модели и информационные технологии». (Криница-Краснодар 2001);
- международной научной конференции «Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения». (Краснодар 2001);
- седьмой Всероссийской научной конференции молодых ученых (Санкт-Петербург 2001);
- научной конференции «Научно-практическая работа — как поиск решения биотехнологических проблем при производстве натуральных вин и коньяков» (Ставрополь 2001);
- международной научно-практической конференции «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг» (Орел, 2001);
- юбилейной международной конференции «Пищевые продукты XXI-века» (Москва 2001);
- международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса регионов России» (Уфа 2002);
- всероссийском научном семинаре и выставке инновационных проектов «Действие электрических полей (электрического тока) и магнитных полей на объекты и материалы» (Москва 2002);
- семинаре экологического факультета Российского университета дружбы народов (Москва 2002).

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты экспериментальных исследований изменения качества всхожести семян подсолнечника от параметров воздействующего на семена магнитного поля крайне низких частот и низкочастотного амплитудно-модулированного и частотно-модулированного магнитных полей (диапазон изменения модулирующей частоты от 3 до 30 Гц);

- результаты экспериментальных исследований изменения чистоты диффузионного сока сахарной свеклы от параметров воздействующего на корнеплоды магнитного поля крайне низких частот и амплитудно-модулированного и частотно-модулированного магнитных полей того же диапазона;
- разработанная на примере семян подсолнечника и диффузионного сока сахарной свеклы модель детектирования биологическими системами низкочастотного амплитудно-модулированного и частотно-модулированного магнитного поля в качестве модулирующих частот, которых используются частоты лежащие в том же диапазоне;
- возможность определения методом экспресс-анализа резонансных частот семян подсолнечника, сахарной свеклы и её диффузионного сока;
- результаты экспериментальной оценки возможности влияния магнитного поля, амплитудно- и частотно-модулированного магнитного поля на другие растительные биосистемы и микроорганизмы;
- результаты исследований изменения урожайности и сроков хранения сельскохозяйственных культур, прошедших обработку магнитным полем крайне низких частот, низкочастотным амплитудно- и частотно-модулированными магнитными полями;
- рекомендации по разработке нормативно-правовых актов, регулирующих воздействие модулированных магнитных полей на биологические системы, учитывающих спектр модулирующих частот.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 67 работ в том числе 3 монографии.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 332 страницы (из них 23 страницы — приложение) и содержит 25 таблиц и 106 рисунков. Список литературы включает 293 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава носит обзорный характер и содержит сведения о существующих гипотезах и математических моделях, с помощью которых описывается влияние электромагнитных полей на различные биологические системы. Так же содержит сведения о существующих на сегодняшний день подходах к использованию электромагнитных полей в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

Рассмотрена возможность влияния электромагнитных полей на транспорт ионов и ориентацию больших асимметричных молекул обладающих дипольными моментами, которые могут ориентироваться в поле в направ-

лении более или менее благоприятном для реакции, что увеличивает или уменьшает, соответственно вероятность, благоприятного соударения.

Выполнен обзор жидкокристаллической теории влияния ЭМП на биосистемы и гипотезы "Спинового запрета", согласно которой существует целый класс химических реакций, на скорость которых магнитное поле может оказывать существенное влияние. Реакции эти связаны со стадией взаимодействия парамагнитных частиц (Пирузян Л.А., Кузнецов А.Н. 1983; Бучаченко А.Л., Садеев Р.З, Саликов К.М: 1978).

Рассмотрена возможная роль воды в действии ЭМП на белковые структуры. Подчеркнута существенная зависимость проявления эффектов действия ЭМП на водные растворы от концентрации реагирующих веществ.

Приведен обзор теоретических работ Бинги В.Н., в которых высказывается предположение о том, что существуют две возможности преобразования энергии магнитного поля в энергию орбитальных степеней свободы частиц, которые в конечном счете контролируют биохимические процессы. Прямое преобразование допускает классическую аналогию действий на частицу в виде силы Лоренца. Косвенное преобразование связано со спином частиц (Бинги В.Н. 1997, 2000).

Рассмотрена возможность усиления слабых сигналов в биосистемах за счет протекания в них необратимых химических реакций. Описан один из возможных механизмов обмена информацией между клетками, связанный с возникновением ЭМП, который осуществляется при радиоактивном распаде и связан с изменением магнитных свойств ядер в процессе распада. Проанализирована возможность возбуждения магнитодинамических волн в растворах электролита, амплитуда которых при воздействии ЭМП с частотой от 10 до 100 Гц должна резко возрастать (Кузнецов Д.А. 1979; Лившиц В.А., Рубинштейн А.И., Кузнецов А.Н. 1983).

Выполнен обзор теорий диссипативного и параметрического резонансов, как кооперативных механизмов воздействия ЭМП низкой интенсивности на биологические и физико-химические системы, а также теории ионного циклотронного резонанса, согласно которой постоянная компонента комбинированного магнитного поля вызывает прецессию иона с зарядом q (Кл) и массой m (кг), а переменное магнитное поле ускоряет его движение в резонансных частотах. Отмечено, что способность биологических объектов поддерживать постоянство внутриклеточной среды при изменяющихся внешних условиях обусловлена функционированием кооперативных систем с пороговым реагированием, примером которой является система потенциалзависимых ионных каналов (Новиков В.В. 1996; Макеев В.М. 1993).

Рассмотрена модель диссипативных структур, состоящих из трех основных элементов: кластера ионов, тороидального гидродинамического

вихря; диффузной "шубы" ионов противоположного заряда, обеспечивающей электронейтральность диссипативной структуры в целом. Кластер ионов, двигаясь по окружности радиуса R , обладает способностью приобретать энергию за счет электрического и переменного магнитного поля. Образование в растворе диссипативных структур приводит к появлению дополнительных свободных носителей заряда и, как следствие, к регистрируемому увеличению ионного тока (Карнаухов А.В., 1994).

Рассмотрен проведенный Новиковым В.В. качественный анализ возможности природы кооперативного эффекта усиления тока в растворе аминокислоты, который показывает вероятность существования особого класса "антиэнтропийных" структур с резонансными свойствами, формирующихся в водных растворах при действии слабых ЭМП (Новиков 1997, 1998).

Проанализирована модель, описывающая движение иона в макромолекуле при комбинированном действии постоянного и переменного магнитных полей, предложенная Жадиным М.Н., в которой постулируется, что совместное действие параллельных постоянного (по величине сравнимого с естественным геомагнитным полем) и переменного МП с определенными частотами (равными циклотронной частоте иона кальция или ее гармоникам) на движение иона в макромолекуле в определенных условиях может вызывать возникновение новых резонансных отношений между ионом кальция и окружающими его другими частицами макромолекулы, что может сопровождаться сравнительно кратковременными нарушениями термодинамического равновесия между тепловыми колебаниями иона и окружающих его частиц данной макромолекулы при включении и выключении указанных полей. Причем величины этих энергетических сдвигов могут оказаться достаточными для изменения квантового состояния макромолекулы и изменения ее конформационного состояния (Жадин М.Н. 1996, 1998).

Рассмотрено влияние электромагнитных полей на микроорганизмы и возможность использования ЭМП для обеззараживания воды, а также влияние изменения магнитного поля Земли на ослабленные биосистемы, в частности, возможность и необходимость экранирования больных ишемической болезнью сердца в периоды геомагнитных бурь (Антонов О.Е. и др., 1994; Гурфинкель Ю.И., Любимов В.В. 1995, 1998.).

Рассмотрены известные возможности использования электромагнитных полей для увеличения эффективности сельскохозяйственного производства и исследования влияния электромагнитных полей на биологические процессы, протекающие в семенах и растениях, а также для использования электромагнитных полей для экстрагирования сахарозы из свеколовичной стружки с использованием электрического поля, а так же использование электрического поля для очистки диффузионного сока сахар-

ной свеклы (Катроха И.М. и др., 1984; Купчик М.П. 1987; Гулый И.С. и др., 1992; Lebovka N.I., Mank. V.V. 1992).

На основе проведенного обзора работ сделан вывод о недостаточном исследовании действия модулированных электромагнитных полей на биологические системы и на основе обнаруженных в последние годы закономерностей влияния ЭМП КНЧ и СНЧ диапазонов возможности создания новых экологически безопасных технологий обработки биосистем растительного происхождения модулированными электромагнитными полями.

Во второй главе изложены методы обработки и создания МП, АМ и ЧМ ЭМП и методика исследования качества всхожести семян подсолнечника, чистоты диффузионного, клеточного сока сахарной свеклы и физико-химических характеристик исследуемых растворов. Воздействие на исследуемые биосистемы МП производилось с помощью установки, которая позволяла генерировать синусоидальные колебания. Нестабильность частоты в диапазонах от 3 Гц до 30 Гц, от 30 Гц до 100 Гц, от 100 Гц до 300 Гц, 300 Гц до 20 кГц составляла соответственно 0,2 %, 0,1 %, 0,01 %. Для проведения экспериментов исследуемые биологические системы помещались в экранированную камеру, в которой располагался излучатель МП. Величина магнитной индукции, создаваемой МП внутри излучателя, рассчитывалась по формуле для многослойной катушки:

$$B = LU/nSZ_{и}, \quad (1)$$

где L — индуктивность катушки, U — амплитудное значение напряжения, приложенного к катушке, n — число витков катушки, S — площадь катушки, $Z_{и}$ — полное сопротивление катушки (импеданс).

Импеданс излучателя рассчитывался по формуле:

$$Z_{и} = [R_{а}^2 + (2\pi f L)^2]^{1/2}, \quad (2)$$

где $R_{а}$ — активное сопротивление катушки, f — частота электромагнитных колебаний.

Расчет напряженности поля на расстоянии равном расстоянию от излучателя до исследуемого объекта производился по следующей формуле:

$$H = I r^2 / 2(r^2 + b^2)^{3/2} = U r^2 / 2Z_{и}(r^2 + b^2)^{3/2}, \quad (3)$$

где b — расстояние от катушки до исследуемого объекта, r — радиус катушки.

Для проведения экспериментов в полевых и производственных условиях была собрана специальная установка, которая позволяла генерировать АМ, ЧМ, ФМ сигналы, у которых частота несущей лежала в диапазоне от 100 кГц до 80 МГц, нестабильность частоты в диапазоне от 100 кГц до 280 кГц, от 270 до 750 кГц, от 740 до 2100 кГц, от 3 до 7,5 МГц, от 7 до 22 МГц, от 62 до 80 МГц составляла соответственно $2 \cdot 10^{-2} \%$, $10^{-2} \%$, $5 \cdot 10^{-3} \%$, $4 \cdot 10^{-3} \%$, $10^{-4} \%$, $9 \cdot 10^{-5} \%$. Нестабильность модулирующей частоты в диапазоне от 2 Гц до 50 Гц, от 50 Гц до 100 Гц, от 100 Гц до 300 Гц составляла соответственно 0,2 %, 0,1 %, 0,08 %. Частота следования импуль-

сов при частотно-импульсной модуляции составляла от 10 до 100 кГц при нестабильности частоты 1 %.

Для исследования изменения всхожести семян по отношению к контролю при воздействии МП производили отбор семян по общепринятым правилам. Семена в количестве 50 штук помещались в емкости, выполненные из картона (размерами 5 см × 1,5 см × 4 см), и далее размещались в камере для обработки, контрольные семена в том же количестве размещались в аналогичной емкости и находились на расстоянии 20 ÷ 50 метров в тех же климатических условиях, что и обрабатываемые семена в течение всего времени воздействия. Затем семена закладывались в чашки Петри, которые размещались в климатических камерах. На 5 день (для семян подсолнечника) производилось сравнение массы проростков. Для этого проростки отрезались от семени и помещались на аналитические весы (приборная погрешность которых составляла 5 мг). Результат воздействия МП оценивался в процентах (%) по отношению к контролю. Обработку исследуемых биологических объектов МП производили в заземленной камере, которая изготовлялась из конструкционной стали толщиной 3 мм.

Методика проведения эксперимента по исследованию воздействия МП на корнеплоды сахарной свеклы, а также на её диффузионный сок состояла в следующем. Для получения диффузионного сока производилось измельчение корня сахарной свеклы на терке мелкого диаметра (4 ÷ 5 мм); перенесение полученной массы (порядка 1 кг) в сосуд большей емкости и проведение гомогенизации в жидкой среде: в сосуд с измельченной свеклой небольшими дозами добавлялась горячая дистиллированная вода, вся масса взбивалась миксером до максимального разбухания частиц сахарной свеклы, загустевания смеси и образования 1,5÷2-х сантиметрового слоя пены на поверхности. Полученная смесь доводилась до комнатной температуры, далее производилось отделение жидкой фазы от твердой и получение сока сахарной свеклы. Для этого смесь фильтровалась через неактивный фильтр (при атмосферном давлении) с диаметром пор до 1 миллиметра, которого было достаточно для качественной фильтрации гомогенизированной смеси. Полученный сок разливался по сосудам на порции количеством необходимым для проведения анализа на жесткость, содержание сахара, измерение электропроводности и pH диффузионного сока сахарной свеклы.

Диффузионный сок в стеклянных (фарфоровых, пластмассовых) банках в количестве 300 мл (и более) помещали в камеру для обработки на расстоянии 10 см от излучателя. В качестве контроля использовали диффузионный сок из той же партии, что и опытные образцы. Контрольный образец так же помещали в камеру для обработки на тоже время, но при этом напряжение на излучатель не подавали.

Чистота (Ч) диффузионного сока определялась, как отношение содержания сахарозы (СХ) в растворе к содержанию в ней сухих веществ (СВ), выраженное в процентах:

$$Ч = СХ (СВ)^{-1} 100\% \quad (4)$$

Определение концентрации сухих веществ производили по стандартной методике с помощью рефрактометра (РПЛ-3). Зная содержание сухих веществ, с помощью объемно-поляриметрического метода (использовался поляриметр СУ-3) находили содержание сахарозы в растворе. Перед определением чистоты диффузионного сока производили его обесцвечивание по стандартной методике.

Измерения электропроводности производились на реохордном мостике Р-38, работающем по принципу мостового метода. Реохордный мост работает на переменном токе частотой в 50 Гц и напряжением в 220 В. В измерительной ячейке в качестве электродов использовалась платиновая проволока. Измерения рН производились на иономере И-130 2М1.

Определение содержания ионов кальция и магния (жесткость) в диффузионном соке сахарной свеклы и экстракционных растворах семян подсолнечника производилось с помощью комплексометрического титрования по стандартной методике.

В исследованиях использовался белок уреазы, экстрагированный из бобов сои следующим способом. В цилиндр наливалось 100 мл воды, добавлялось 10 г соевой муки и 5 мл 0,1 N соляной кислоты. Полученный раствор перемешивался и общий объем доводился до 150 мл дистиллированной водой. Образец получался разбавленным в 15 раз. Экстракция длилась в течение 15 часов в холодильной камере с периодическим перемешиванием. Затем взвесь отфильтровывали в пробирку через фильтровальную бумагу на средней воронке $d = 10$ см. Вязкость исследуемых растворов определялась на специально созданной установке по методу Пуазеля.

Для исследования изменения разности фаз между током и напряжением, протекающим через измерительную ячейку, использовался импедансметр ВМ-507 и измерительная ячейка с электродами покрытыми платиновой чернью.

В третьей главе приведены результаты исследования изменения качества всхожести семян подсолнечника сорта Пионер за счет обработки их МП с частотой лежащей в крайне низкочастотном диапазоне (КНЧ) $3 \div 30$ Гц, АМ (рис.1) и ЧМ МП с частотой несущей, лежащей в низкочастотном диапазоне (НЧ) $30 \div 300$ кГц, и модулирующей частотой, лежащей в диапазоне КНЧ. Представлены результаты исследования изменения качества всхожести при воздействии МП на семена подсолнечника от изменения величины магнитной индукции, времени обработки и частоты МП в пределах диапазона 1 кГц \div 10 кГц и 30 кГц \div 300 кГц.

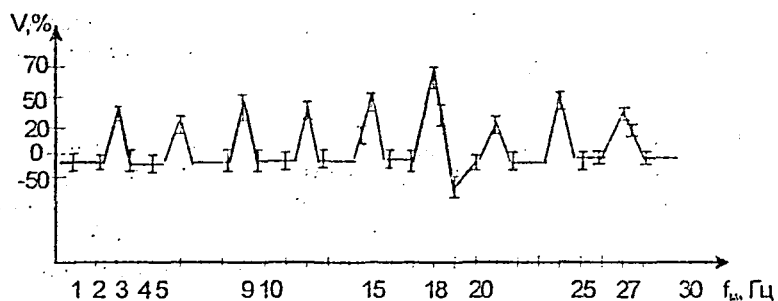


Рис.1. Зависимость изменения всхожести V (%) от изменения модулирующей частоты при воздействии АМ МП в течение времени $t = 50$ минут с частотой несущей $f_{н} = 200$ кГц при величине магнитной индукции $B = 6$ мТл.

Представлены результаты исследования изменения качества всхожести при воздействии на семена подсолнечника АМ МП от изменения глубины модуляции (рис. 2), величины магнитной индукции и времени обработки (рис.3). Представлены результаты исследования изменения качества всхожести при воздействии на семена подсолнечника ЧМ МП от изменения девиации частоты, величины магнитной индукции (рис. 4) и времени обработки.

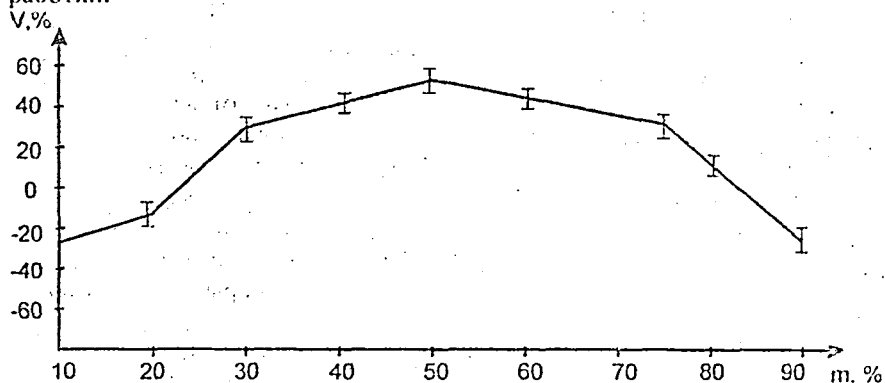


Рис.2. Зависимость всхожести семян от глубины модуляции воздействующего АМ МП в течение 50 минут с частотой несущей $f_{н} = 200$ кГц, модулирующей частотой $f_{м} = 18,0$ Гц.

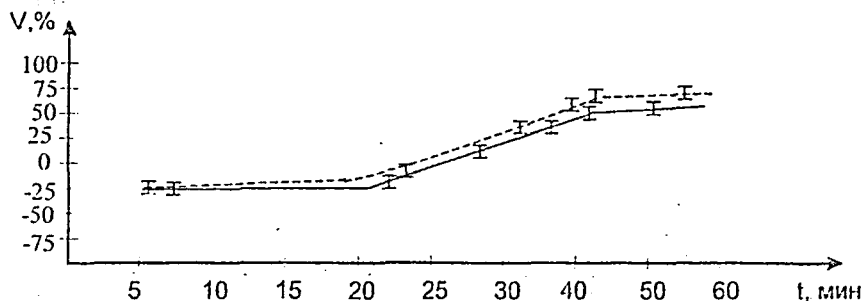


Рис.3. Зависимость изменения всхожести от изменения времени обработки при воздействии АМ МП с частотой несущей $f_{n1}=100$ кГц (—) и $f_{n2}=200$ кГц (- - -) и модулирующей частотой $f_m=18,0$ кГц, величиной магнитной индукции $B=6$ мТл глубиной модуляции $m = 60\%$.

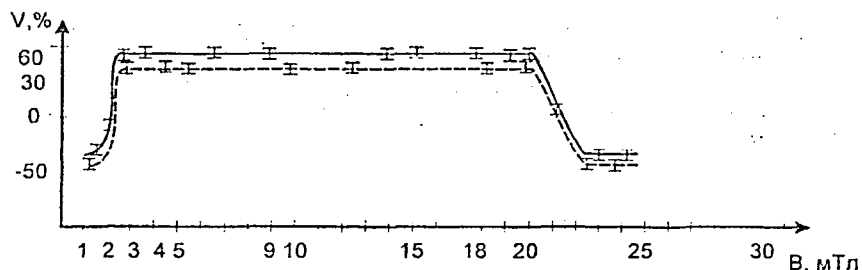


Рис.4. Изменение всхожести от величины магнитной индукции B при воздействии ЧМ МП в течение времени $t = 50$ минут с частотой несущей $f_{n1} = 100$ кГц (—), и $f_{n2}=200$ кГц (- - -), девиацией частоты $\Delta f_1 = 1$ кГц, $\Delta f_2 = 3$ кГц соответственно.

Представлены результаты исследования изменения чистоты диффузионного сока, полученного из корнеплодов сахарной свеклы, при воздействии на него и на корнеплоды МП от частоты в диапазоне КНЧ, величины магнитной индукции и времени обработки МП. Представлены результаты исследования изменения чистоты диффузионного сока, полученного из корнеплодов сахарной свеклы при воздействии на него и на корнеплоды АМ МП от изменения несущей частоты, модулирующей частоты (рис.5), глубины модуляции (рис.6), величины магнитной индукции и времени обработки АМ МП. Представлены результаты исследования изменения чистоты диффузионного сока, полученного из корнеплодов сахарной свеклы, при воздействии на него и на корнеплоды ЧМ МП от изменения

несущей частоты, модулирующей частоты, девиации частоты, величины магнитной индукции (рис.7) и времени обработки (рис.8) ЧМ МП.

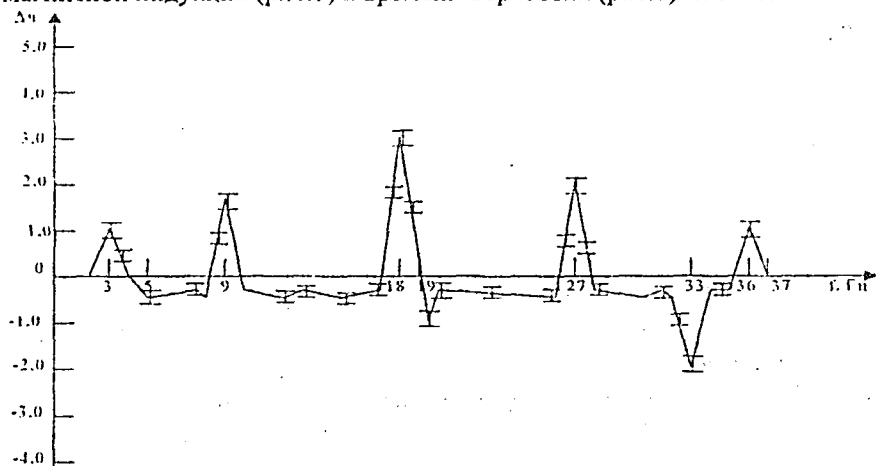


Рис.5. Зависимость отражающая изменение чистоты диффузионного сока от частоты модулирующего напряжения f_m при обработке в течение 50 минут АМ МП, частота несущей которого составляла $f_n = 200$ кГц, величина магнитной индукции достигала $B = 6$ мТл, глубина модуляции $m=70\%$.

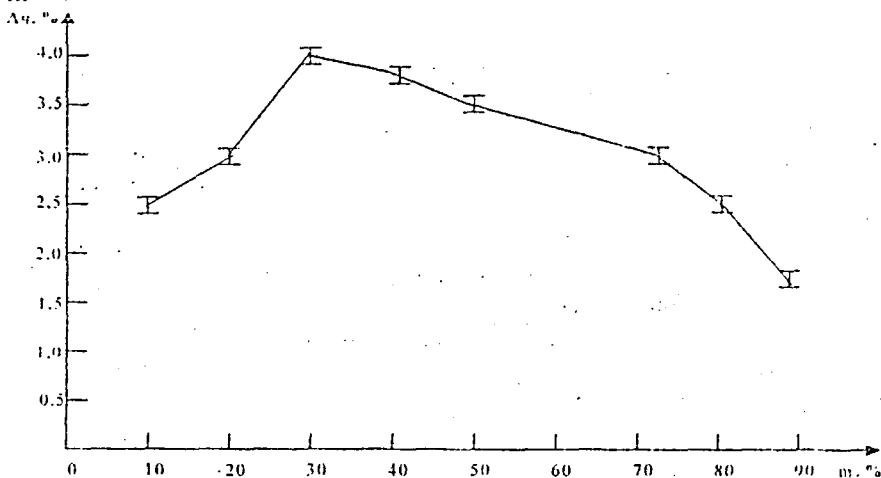


Рис. 6. Результаты исследования изменения чистоты раствора от глубины модуляции АМ МП с частотой несущей $f_n = 200$ кГц, с модулирующей частотой $f_m = 18,0$ Гц при величине магнитной индукции $B = 4,8$ мТл и времени воздействия $t = 50$ минут.

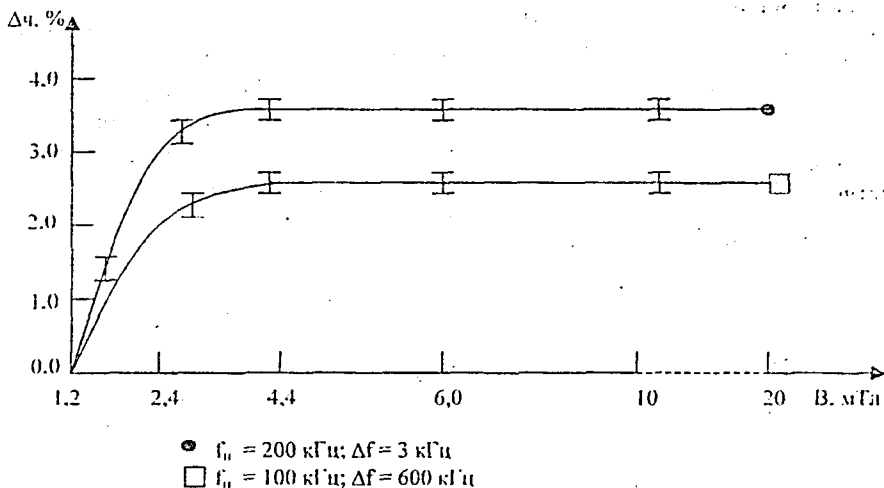


Рис.7. Результаты изменения чистоты диффузионного сока при воздействии на него ЧМ МП в течение $t = 50$ минут с частотой несущей $f_{n1} = 100 \text{ кГц}$ и $f_{n2} = 200 \text{ кГц}$, девиацией частоты $\Delta f_1 = 600 \text{ Гц}$ и $\Delta f_2 = 3 \text{ кГц}$, модулирующей частотой $f_m = 18,0 \text{ Гц}$ от изменения величины магнитной индукции B .

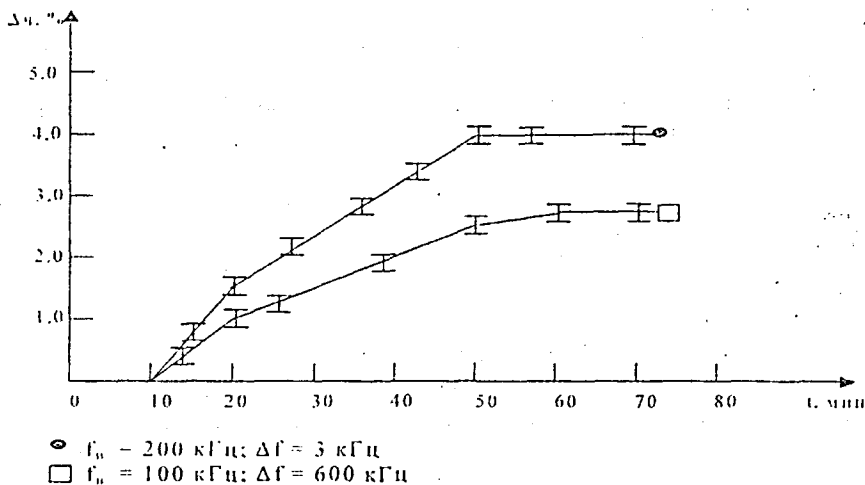


Рис.8. Результаты изменения чистоты диффузионного сока при воздействии на него ЧМ МП частотой несущей $f_{n1} = 100 \text{ кГц}$ и $f_{n2} = 200 \text{ кГц}$, девиацией частоты $\Delta f_1 = 600 \text{ Гц}$ и $\Delta f_2 = 3 \text{ кГц}$, модулирующей частотой $f_m = 18,0 \text{ Гц}$ от изменения времени обработки.

Предложена эквивалентная схема для описания резонансного взаимодействия МП, АМ и ЧМ МП с семенами подсолнечника, корнеплодами сахарной свеклы и диффузионным соком сахарной свеклы (рис. 9).

Представлены результаты исследования концентрации ионов кальция в экстракционных растворах семян подсолнечника и диффузионном соке. Установлена корреляция изменения концентрации ионов кальция в исследуемых растворах при их обработке МП, АМ МП с изменением всхожести семян и чистотой диффузионного сока.

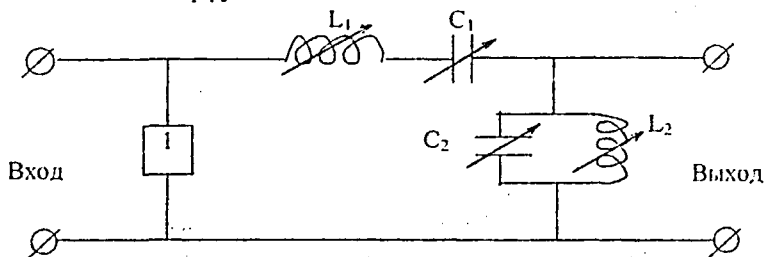


Рис. 9. Эквивалентная схема, описывающая воздействие МП, АМ и ЧМ МП на семена подсолнечника, где I — нелинейный элемент, L_1C_1 — последовательный колебательный контур, настроенный на частоту главного максимума f_{\max} , L_2C_2 — параллельный колебательный контур, настроенный на частоту главного минимума f_{\min} .

Представлены результаты исследования изменения выживаемости бактерий, бацилл и дрожжей, находящихся в диффузионном соке сахарной свеклы и на поверхности семян, от времени обработки МП, АМ и ЧМ МП, а так же от величины магнитной индукции при воздействии на указанные биосистемы МП.

Представлены результаты поискового исследования по разработке экспресс-метода определения резонансных частот МП и модулирующих частот АМ и ЧМ, основанные на исследованиях поляризации и адсорбционно-десорбционных процессов на платиновых электродах измерительной ячейки.

Представлены результаты исследования электропроводности, рН (рис.10), вязкости (рис.11) экстракционных растворов семян подсолнечника, диффузионного сока сахарной свеклы и раствора белка сои уреазы, обработанных АМ МП, а так же акустическими колебаниями той же частоты, что и модулирующие частоты, которые были использованы при обработке АМ МП. По результатам сделан вывод об одинаковом характере влияния акустических колебаний и АМ МП на исследуемые биосистемы и о том, что первичной мишенью действия МП, АМ и ЧМ МП на биосистемы являются белки, растворимость которых изменяется под действием указанных видов полей.

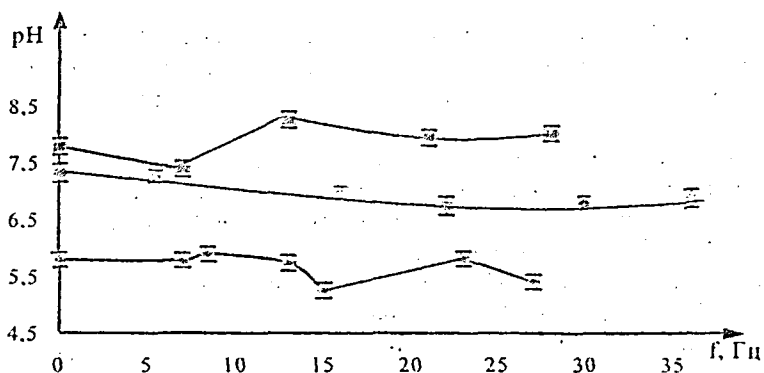


Рис.10. Зависимость изменения рН диффузионного сока сахарной свеклы сорта МС-74, экстракционных растворов семян подсолнечника сорта Березанский и раствора уреазы от изменения модулирующей частоты АМ МП. ▣ - экстракционный раствор уреазы, ○ - диффузионный сок сахарной свеклы, ◻ - экстракционный раствор семян подсолнечника

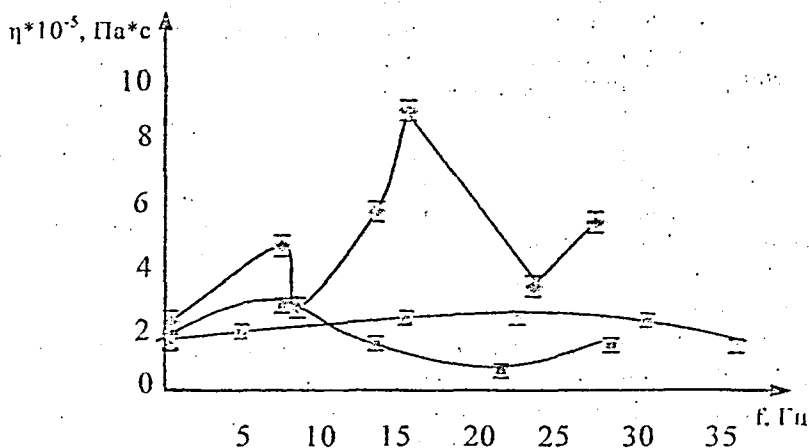


Рис.11. Зависимость изменения вязкости диффузионного сока свеклы сорта МС-74, экстракционного раствора семян подсолнечника сорта Березанский и раствора уреазы от модулирующей частоты АМ МП. ▣ - экстракционный раствор уреазы, ○ - диффузионный сок сахарной свеклы, ◻ - экстракционный раствор семян подсолнечника

В четвертой главе сделано предположение о том, что в исследуемых биосистемах происходит детектирование АМ МП за счет наличия нелинейных цепей преобразования АМ сигнала. Элемент биосистемы, ответст-

венный за детектирование АМ МП, должен обладать нелинейной зависимостью изменения тока от приложенного напряжения. В общем случае элемент может быть аппроксимирован степенным полиномом:

$$i = I_0 + au + b u^2 + cu^3 + \dots lu^k \quad (5)$$

при достаточном числе членов со сколь угодно большой степенью точности. Однако, при большом числе членов анализ существенно усложняется. Если характер нелинейности близок к параболическому, то при детектировании простейших колебаний, амплитудная модуляция которых была произведена гармоническим сигналом, гармоническое напряжение вызывает ток в рассматриваемой системе:

$$\begin{aligned} i &= I_0 + aU_m \cos \omega t + b U_m^2 \cos^2 \omega t = I_0 + aU_m \cos \omega t + (1/2)b U_m^2 (1 + \cos 2\omega t) = \\ &= I_0 + (1/2)b U_m^2 + aU_m \cos \omega t + (1/2)b U_m^2 \cos 2\omega t. \end{aligned} \quad (6)$$

В этом случае под действием гармонического напряжения, изменяющимся с частотой ω , через нелинейный элемент течет негармонический переменный ток, имеющий компоненты как частоты ω , так и удвоенной частоты 2ω (вторую гармонику). Одновременно с этим наличие члена, содержащего квадрат косинуса, приводит к появлению дополнительной постоянной составляющей тока $(1/2)b U_m^2$.

То есть, нелинейность характеристики обуславливает усложнение состава тока, появление в нем новых спектральных компонентов по сравнению с исходным сигналом (появилась вторая гармоника сигнала и приращение постоянной составляющей тока). Спектральный состав отклика системы на гармоническое воздействие усложняется при усложнении характера нелинейности. Если характеристика нелинейного элемента должна аппроксимироваться полиномом k -й степени, то отклик содержит ряд колебаний кратных частот с наивысшей кратностью равной k . При этом члены полинома с нечетными степенями ($k = 1, 3, 5, \dots$) приводят к появлению спектральных составляющих тока с частотами нечетной кратности ($\omega, 3\omega, 5\omega, \dots$), а члены полинома с четными степенями ($k = 2, 4, 6, \dots$) дают составляющие четной кратности ($2\omega, 4\omega, 6\omega, \dots$), составляющая основной частоты ω образуется всеми членами полинома с нелинейными степенями. Постоянная же составляющая тока определяется первым членом полинома (I_0) и всеми членами с четными степенями.

Однако, наличие дополнительных составляющих еще не является достаточным условием для детектирования амплитудно-модулированных колебаний, для этого необходимо, чтобы биосистема обладала также селективными свойствами на одной из резонансных частот КНЧ или СНЧ диапазона. То есть должен иметься фильтр (колебательный контур), настроенный на определенную частоту, поскольку имеется резонансное взаимодействие, приводящее как к увеличению, так и к уменьшению всхожести семян и чистоты диффузионного сока, то наиболее вероятно, что в рас-

смагриваемой биосистеме имеется два колебательных контура, на которые поступают сигналы с нелинейных элементов. В простейшем случае колебательные контуры соединены последовательно с параллельно включенным нелинейным элементом. Фактически колебательные контура в эквивалентной схеме рис. 9. выполняют роль фильтра, установленного на выходе демодулятора. В случае наличия квадратичной вольтамперной характеристики нелинейного элемента после прохождения сигналов через колебательные контура выходное напряжение не содержит сигналов с частотами ω и 2ω , поэтому выражение (6) преобразуется к виду:

$$u_{\Omega} = (1/2) b U_m^2 Z_{\Omega} (1 + m \cos \Omega t)^2, \quad (7)$$

где Z_{Ω} - полное сопротивление нагрузки. Откуда находим значение u_{Ω} в виде

$$u_{\Omega} = bU_m^2 Z_{\Omega} (1 + 2m \cos \Omega t + m^2 \cos^2 \Omega t)/2 = (1/2)bU_m^2 Z_{\Omega} (1 + (1/2)m^2) + bU_m^2 m Z_{\Omega} \cos \Omega t + (b/4)U_m^2 m^2 Z_{\Omega} \cos 2\Omega t = U_0 + U_{m\Omega} \cos \Omega t + U_{2m\Omega} \cos 2\Omega t, \quad (8)$$

где $U_0 = (1/2)bU_m^2 Z_{\Omega} (1 + (1/2)m^2)$ - постоянная составляющая напряжения u_{Ω} на нагрузке, $U_{m\Omega} = bU_m^2 m Z_{\Omega}$ - амплитуда с частотой информативного сигнала (модулирующей частотой), $U_{2m\Omega} = (1/4)bU_m^2 m^2 Z_{\Omega}$ - амплитуда напряжения искажений.

Из формулы (8) следует, что при квадратичной характеристике детектора спектр выходного сигнала демодулятора содержит постоянную составляющую U_0 , напряжение информативного сигнала $U_{m\Omega}$ с частотой Ω и напряжение искажений с частотой 2Ω . То есть в спектре тока, протекающего через квадратичный детектор, наряду с компонентами частоты Ω , воспроизводящей управляющий сигнал, одновременно появляется её гармоника удвоенной частоты 2Ω , не содержащаяся в модулированном сигнале.

Нелинейные искажения демодулятора можно оценить по коэффициенту гармоник:

$$K_r = U_{2m\Omega}/U_{m\Omega} = m/4 \quad (9)$$

То есть коэффициент гармоник уменьшается с уменьшением глубины модуляции и увеличивается с увеличением m . При $m = 100\%$ коэффициент гармоник достигает значений $K_r = 25\%$. Так как амплитуда компоненты 2Ω пропорциональна $m^2/4$, а амплитуда полезной составляющей частоты Ω пропорциональна m , то искажения будут меньше, когда коэффициент модуляции мал.

В связи с выше сказанным становится понятным изменение всхожести семян и изменение чистоты растворов при изменении глубины модуляции воздействующего АМ МП. Увеличение глубины модуляции приводит к увеличению амплитуды составляющей с частотой 2Ω и низкочастотных компонент комбинационных частот $\Omega_п - \Omega_k$ и $\Omega_п + \Omega_k$. Когда амплитуды этих составляющих становятся сравнимы с чувствительностью биосистем, на этих частотах происходит выделение данных составляющих и

они оказывают отрицательное воздействие на биосистему. Увеличение же всхожести семян и чистоты растворов при увеличении m объясняется тем, что амплитуда информационной составляющей в спектре сигнала увеличивается, следовательно при выделении этой составляющей из общего спектра ее амплитуда будет больше. Протяженного же участка, на котором всхожесть и чистота не изменяются, не существует, так как после достижения оптимальной амплитуды на детекторе растут искажения, которые приводят к уменьшению всхожести семян и чистоты растворов. Поэтому участок вблизи "оптимальной амплитуды" характеризуется медленным возрастанием и таким же медленным уменьшением исследуемых параметров после прохождения оптимальной точки.

Одним из наиболее вероятных механизмов детектирования ЧМ МП является преобразование ЧМ колебаний в амплитудно-модулированные колебания с их последующим детектированием на нелинейном элементе. Поскольку, согласно нашим исследованиям изменения полного сопротивления исследуемых нами растворов в диапазоне от 300 Гц до 300 кГц зависимости носят монотонно спадающий вид (за счет запаздывания процессов поляризации) характерный для уменьшения емкостного сопротивления с увеличением частоты электрического поля, то при воздействии ЧМ МП на биосистему будет осуществляться процесс преобразования ЧМ колебаний в АМ колебания с последующим детектированием АМ колебаний и выделения информационной составляющей резонансной системой, соответствующей частоте модулирующего напряжения при ЧМ МП.

Выходное напряжение частотного детектора $U_{\text{вых}}$ пропорционально отклонению частоты от номинального значения:

$$U_{\text{вых}} = S_{\text{ЧД}} \Delta\omega, \quad (10)$$

где $S_{\text{ЧД}}$ - крутизна кривой, $\Delta\omega$ - девиация циклической частоты ($\Delta\omega = \Delta 2\pi f_{\text{п}}$).

Итак, разность потенциалов на выходе преобразователя ЧМ колебаний в АМ колебания зависит от крутизны преобразователя и от девиации частоты ЧМ колебания.

Таким образом, преобразование ЧМ колебаний в АМ колебания возможно за счет того, что зависимость проводимости клеточного и диффузионного сока сахарной свеклы от частоты электрических колебаний имеет монотонный спад.

При частотной модуляции амплитуды боковых колебаний определяются величиной индекса модуляции и по мере увеличения частоты боковых колебаний довольно быстро убывают. Скорость убывания амплитуды боковых колебаний зависит от индекса модуляции. При малых значениях индекса модуляции $M_{\text{ин}} = \Delta\omega/f_m = \Delta f_{\text{п}}/f_{\text{п}}$ амплитуды боковых колебаний убывают быстро и ширина спектра практически получается равной $2f_{\text{макс}}$, как и при амплитудной модуляции. При увеличении индекса модуляции

спектр частот, занимаемых частотно-модулированным сигналом, значительно расширяется, а амплитуда этих составляющих убывает.

При частотах несущих 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 200 кГц (используемых в исследованиях по воздействию ЧМ ЭМП на биосистемы) и девиации частоты соответственно 300 Гц, 600 Гц, 1 кГц, 3 кГц индекс модуляции $M_{\text{ЧМ}} < 1$. Поэтому ширина спектра сигнала в первом приближении аналогична АМ колебаниям, но в интервале $f_{\text{н}} \pm f_{\text{м}}$ могут содержаться составляющие негативно воздействующие на биосистемы. При выполнении условия $M_{\text{ЧМ}} > 1$ спектр сигнала очень широк и соответственно амплитуды отдельных составляющих спектра уменьшаются, поскольку общая мощность, поступаемая на излучатель, остается неизменной. В результате воздействие ЧМ МП на биосистемы в этом случае может привести к двум ситуациям, когда амплитуда составляющих будет настолько мала, что биологические системы не смогут выделить эти составляющие из общего спектра и тогда воздействие будет отсутствовать или будет "слабо негативным" и во втором случае, когда спектр помимо полезного сигнала будет содержать большое количество составляющих, негативно воздействующих на биосистемы, амплитуды которых будут достаточны для их выделения.

Резкое уменьшение всхожести семян и уменьшение чистоты диффузионного сока с увеличением девиации частоты можно объяснить расширением спектра ЧМ ЭМП и в связи с этим появлением в нем составляющих, отрицательно воздействующих на биосистемы.

Таким образом, при поступлении сигнала на вход эквивалентной схемы, являющейся электрическим аналогом исследуемых нами биосистем, сигнал проходит через нелинейный элемент, в итоге происходит спектральное обогащение сигнала. Далее низкочастотная составляющая выделяется на колебательном контуре L_1C_1 или L_2C_2 . В итоге за счет резонансных свойств контуров происходит либо увеличение либо уменьшение амплитуды сигнала на выходе - это зависит от частоты входного сигнала, а именно резонансной частоте какого контура соответствует входной сигнал. Если частота входного сигнала далека от резонансной обоих контуров, то на выходе мы всегда получим сигнал меньшей амплитуды, чем на входе за счет потерь на активном сопротивлении контура L_1C_1 . Если частота сигнала f_c будет больше $f_{\text{рн}}$ в целое число раз, то контур будет выделять эти частоты, но его добротность будет уменьшаться, и, соответственно, будет уменьшаться и амплитуда этих колебаний. Колебания же с частотами ниже частоты резонанса контуров выделяются ими, поскольку имеется нелинейный элемент, который обогащает спектр сигнала составляющими меньшими частоты резонанса контуров в целое число раз.

Первичное слабое воздействие, оказанное МП, АМ или ЧМ МП на определенный элемент биосистемы, должно быть усилено рядом процессов метаболизма. В этом случае справедлива аналогия с усилителем, состоя-

щим из n -каскадов, тогда модуль коэффициента усиления K всего усилителя определяется выражением:

$$K = K_1 K_2 K_3 \dots K_n, \quad (11)$$

где K_1 - коэффициент усиления первого каскада по напряжению или току, K_2 - коэффициент усиления второго каскада по напряжению или току, K_3 - коэффициент усиления третьего каскада по напряжению или току, K_n - коэффициент усиления n каскада по напряжению или току.

То есть, произведение коэффициентов усиления отдельных каскадов определяет общий коэффициент усиления усилителя, если учет коэффициентов усиления ведется по току или напряжению.

Одним из процессов усиления воздействия оказанного на биосистему АМ или ЧМ МП может быть зависимость натрий-калиевого тока через мембрану от внутриклеточной концентрации ионов кальция. Уменьшение внеклеточной концентрации и, соответственно, увеличение внутриклеточной концентрации ионов кальция приводит к существенному увеличению тока ионов натрия Na^+ в клетку и увеличению тока ионов K^+ из клетки. Проведенная оценка этого механизма показывает, что возможно достичь усиление тока до 10^4 .

Еще одним возможным и по всей видимости главным механизмом усиления являются свойства электромеханической резонансной системы, которая согласно полученных нами экспериментальных данных обладает высокой добротностью Q .

Если рассматривать последовательный колебательный контур (для параллельного контура аналогично, только параметром будет ток), то в случае резонанса напряжений фиксируемые напряжения в условиях резонанса на емкости и индуктивности равны и противоположны по знаку и определяются согласно выражению:

$$U_L = U_C = Q \cdot U_m, \quad (12)$$

где L - индуктивность, U_m - максимальное напряжение на емкости или индуктивности. Из которого следует, что чем выше добротность колебательного контура, тем больше эффект усиления колебаний.

Если K_1 — усиление первичного воздействия, обусловленное высокой добротностью системы (может достигать значения 100), K_2 - усиление, обусловленное увеличением натрий-калиевого тока (может достигать значения 100), то суммарный коэффициент усиления K может достигать 10^4 . Возможно существуют и другие механизмы усиления. Если изобразить процесс в виде блок-схемы, то первым элементом будет первичный рецептор МП и затем ряд усилительных элементов, включенных последовательно. На каждый последующий элемент будет приходить сигнал все большей и большей амплитуды.

Если рассматривать последовательный колебательный контур (для параллельного контура аналогично, только параметром будет ток), то в слу-

чае резонанса напряжений фиксируемые напряжения в условиях резонанса на емкости и индуктивности равны и противоположны по знаку и определяются согласно выражению (12). Из которого следует, что чем выше добротность колебательного контура, тем больше эффект усиления колебаний.

В исследуемых нами биосистемах добротность Q составляет от 20 до 100, значит электродвижущая сила, наведенная на определенном участке биосистемы, при поглощении АМ электромагнитной волны возрастает в $20 \div 100$ раз по сравнению с остальным объемом системы на частоте соответствующей резонансу.

Чувствительность $S(\eta)$ механической резонансной системы, соответствующей аналогу последовательного контура, на который воздействует внешняя вынуждающая сила, подчиняющаяся гармоническому закону, можно определить в соответствии с формулой:

$$S(\eta) = \{(1 - \eta^2)^2 + (R_m(m\omega_0)^{-1}\eta)^2\}^{-1/2} \quad (13)$$

где $\eta = \omega/\omega_0$ — отношение частоты вынуждающей силы ω к собственной частоте ω_0 , R_m — механические потери, m — масса резонатора.

Для диффузионного сока сахарной свеклы сорта Аура основной резонанс наблюдается на частоте 18,0 Гц, следовательно, эта частота вероятнее всего соответствует собственной частоте колебаний в контуре $\omega_0 = 2\pi f_0$, добротность при этом $Q \approx 90$. Чувствительность системы $S(\eta)$ при воздействии с частотой МП $f = f_0 = 18,0$ Гц будет равна 90,5. Соответственно масса резонансной системы:

$$m = R_m \eta (\omega_0)^{-1} \{1/S^2(\eta) - (1 - \eta^2)^2\}^{-1/2} \quad (14)$$

Если считать вязкость равной $2,2 \cdot 10^{-3}$ Па с, то механическое сопротивление будет $6,6 \cdot 10^{-13}$ Н с m^{-1} и масса будет $7,26 \cdot 10^{-15}$ кг, то есть с точностью до порядка соответствовать массе ДНК или массе водного ассоциата.

Нами был рассмотрен упрощенный случай собственных колебаний в контуре, реально же за счет нелинейного изменения жесткости резонансной системы с увеличением относительного её удлинения происходит изменение собственной резонансной частоты колебаний и, соответственно, обогащение спектра механических колебаний. Аналогично, при электрическом резонансе за счет нелинейного изменения полного сопротивления с увеличением разности потенциалов на концах цепи спектр электрических колебаний обогащается и кроме составляющей с частотой f_0 появляются другие кратные ей n -ое число раз (в зависимости от характера нелинейности). В этом случае уравнение, описывающее процесс электромагнитного резонанса для последовательного колебательного контура, будет иметь следующий вид (с учетом только нелинейного значения емкости от приложенного напряжения):

$$L\{C_0 + K\{2^{-1}C_0^2 + K3^{-1}C_0^3 + K4^{-1}C_0^4 + K5^{-1}C_0^5 + K6^{-1}C_0^6 +$$

$$K9^{-1}C_0^7 + K10^{-1}C_0^8 + K3^{-1}C_0^9\} d^2i/dt^2 + R\{C_0 + K\{2^{-1}C_0 + K3^{-1}C_0 + K4^{-1}C_0^2 + + K5^{-1}C_0^3 + K6^{-1}C_0^4 + K7^{-1}C_0^5 + K8^{-1}C_0^6 + K9^{-1}C_0^7 + K10^{-1}C_0^8 + + K11^{-1}C_0^9\}\} di/dt + i = E \sin \omega t, \quad (15)$$

где $C_n = C_0 + K\{2^{-1}C_0 + K3^{-1}C_0 + K4^{-1}C_0^2 + K5^{-1}C_0^3 + K6^{-1}C_0^4 + K7^{-1}C_0^5 + + K8^{-1}C_0^6 + K9^{-1}C_0^7 + K10^{-1}C_0^8 + K11^{-1}C_0^9\}$ — нелинейная емкость, K — константа. Множители при $K2^{-1} \dots K10^{-9}$ символизируют уменьшение веса высших гармоник.

Поскольку данные уравнения не имеют аналитического решения, для нахождения зависимости изменения тока от времени было выполнено их численное решение методом Рунде-Кута РК45 с помощью пакета математических программ "МЭПЛ-6".

Значение индуктивности L вычислялось из экспериментальных данных по известной добротности основного резонанса, резонансной частоты. Значение Э.Д.С. вычислялось из уровня тепловых шумов, протекающих по цепи при комнатной температуре.

За полосу частот Δf принималось значение равное 300 Гц. Выбор такой полосы частот был продиктован тем, что согласно различным литературным данным большинство магнитобиологических эффектов наблюдается в полосе от 0 до 300 Гц, кроме того, частота 300 Гц является верхней границей фликкер-шумов.

В результате проведенных численных решений уравнения (15) получаем, что в белковых макромолекулах возможен электромагнитный резонанс на частоте 18 Гц и кратной её частотам. Путем подстановки в правую часть уравнения (15) различных частот, лежащих в диапазоне КНЧ, была построена амплитудно-частотная характеристика резонатора, вид которой полностью соответствовал экспериментальным данным.

Аналогичным образом можно записать уравнение для механического резонатора:

$$m d^2x/dt^2 + R_m dx/dt + x\{C_{0x} + K\{(2)^{-1}C_{0x} + K(3)^{-1}C_{0x} + K(4)^{-1}(C_{0x})^2 + + K(5)^{-1}(C_{0x})^3 + K(6)^{-1}(C_{0x})^4 + K(7)^{-1}(C_{0x})^5 + K(8)^{-1}(C_{0x})^6\}\} = F \sin \omega t \quad (16)$$

Решение уравнения (16) осуществлялось с помощью программы "МЭПЛ-6" и методом РК45.

Были рассмотрены экспериментальные результаты изменения чистоты диффузионного сока, полученного из корнеплодов сахарной свеклы сорта Лура, от изменения модулирующей частоты АМ МП. Основная резонансная частота, соответствующая главному максимуму, составляет 18,0 Гц, при этом добротность системы $Q \approx 100$.

Численное решение уравнения (16) показало, что в макромолекулах белков возможен резонанс, но амплитуды колебаний малы и соответствуют амплитудам перемещения для электронов в твердом теле.

Решение уравнения (16) показало так же, что механический резонанс возможен для молекул ДНК в диапазоне исследуемых частот, при этом

амплитуда колебаний составляет порядка $1 \cdot 10^{12}$ м. Это ставит вопрос об опасности воздействия на биосистемы акустическими и МП полями с частотами, лежащими в области КНЧ диапазона.

Приведенные результаты экспериментальных исследований воздействия акустических колебаний на семена подсолнечника сорта Березанский, проведенные с теми же частотами акустического поля, что и МП, показывают, что резонансные максимумы и минимумы наблюдаются на тех же частотах, что и при воздействии МП, то есть подтверждаются наши теоретические выводы об электромеханическом резонансе.

В ходе выполнения диссертационной работы была разработана методика экспресс-анализа определения резонансных частот семян подсолнечника, сахарной свеклы и её диффузионного сока.

В пятой главе представлены результаты исследований урожайности семян сахарной свеклы сорта МС-74 обработанных АМ МП (таблица 1), из которых следует, что данное воздействие привело к увеличению массы клубня в среднем на 63 г, урожайности на 57 ц/га. Показано, что благодаря обработке семян свеклы АМ МП, можно уменьшить внесение следующих удобрений в почву: азота (N) на 27 кг на 1 га, P_2O_5 11,2 кг на 1 га, K_2O 42 кг на 1 га.

Таблица 1. Результаты оценки действия АМ МП с частотой несущей 200 кГц, модулирующей частотой 18,0 Гц, глубиной модуляции 50% в течение 60 минут при величине магнитной индукции 9 мТл на урожайность семян сахарной свеклы сорта МС-74.

Вариант	средняя масса клубня, (г)	урожайность, (ц/га)
контроль	397	357
вариант 1	460	414
	$HCP_{05} = 41$	$HCP_{05} = 34$

Представлены результаты исследований по использованию МП, АМ (таблица 2) и ЧМ МП в условиях свеклосахарного завода. Показано, что для завода средней производительности (1800 тонн в сутки сахара) использование разработанной автором методики обработки корнеплодов и диффузионного сока сахарной свеклы может привести к увеличению выработки сахара заводом в течение сезона переработки (50 суток) на 65 тонн.

Результаты представленные в таблице 2 хорошо согласуются с лабораторными опытами. Так, когда модулирующая частота по данным лабораторных опытов соответствует увеличению содержания сахара в опытах под номерами 4, 5, 12, 13, 17, 18, 21, 22, 29, 30 наблюдается увеличение

Таблица 2. Результаты эксперимента проведенного на сахарном заводе по изменению содержания сахара в свекле сорта Матодор за счет воздействия АМ МП с несущей частотой $f_{н} = 100$ кГц, глубиной модуляции $m = 50$ %.

№ опыта	Время суток	Модулирующая частота, Гц	Температура соко-стружечной смеси, °С	Переработка свеклы, тонн	Содержание сахара. Контроль (%)	Сухие вещества диффузионного сока (%)	Потери в ме-лассе (%)	Содержание сахара. Опыт, %
1	13	—	72	85,0	14,6	14,1	0,48	—
2	14	—	76	82,7	15,2	13,9	0,46	—
3	15	—	73	88,1	14,3	14,8	0,50	—
4	16	43,0	75	90,9	14,8	14,0	0,32	16,2
5	17	43,0	73	84,0	15,5	13,9	0,33	16,0
6	18	—	74	97,5	14,5	14,7	0,58	—
7	19	—	76	103,1	16,3	14,0	0,51	—
8	20	32,0	74	95,4	16,1	14,9	0,60	14,8
9	21	32,0	74	98,5	16,2	14,2	0,54	15,0
10	22	—	73	81,5	16,0	14,0	0,51	—
11	23	—	75	90,6	15,8	14,3	0,57	—
12	24	22,0	73	80,8	15,2	13,6	0,34	16,1
13	1	22,0	74	82,4	14,3	14,0	0,37	15,9
14	2	—	76	84,6	14,9	14,8	0,6	—
15	3	—	73	82,0	16,3	15,2	0,54	—
16	4	—	75	82,2	15,7	15,4	0,57	—
16	5	—	74	82,2	15,5	15,0	0,54	—
17	6	29,0	73	91,2	15,8	13,0	0,30	17,4
18	7	29,0	74	89,3	15,3	13,4	0,35	15,9
19	8	—	73	92,1	15,4	14,6	0,60	—
20	9	—	75	78,3	15,6	12,8	0,54	—
21	10	37,0	76	90,5	14,9	14,0	0,38	15,6
22	11	37,0	74	83,4	14,7	13,8	0,37	15,2
23	12	—	73	89,7	14,6	15,0	0,61	—
24	13	—	75	95,0	14,8	14,9	0,59	—
25	14	39,0	74	90,2	14,5	15,5	0,62	13,7
26	15	39,0	76	89,4	14,7	15,2	0,60	13,8
27	16	—	74	103,2	15,5	13,2	0,43	—
28	17	—	74	98,4	15,6	13,9	0,46	—
29	18	43,0	75	86,3	15,0	14,0	0,43	16,5
30	19	43,0	73	97,2	15,9	13,9	0,40	17,3

содержания сахара в стружке на 0,5 % ÷ 2 % и уменьшение потерь сахара в мелассе в среднем 1 %.

Так же, как и в лабораторных опытах наблюдается более существенная положительная разница между обработанной АМ МП и необработанной свеклой, когда первоначальное содержание сахара в свекле, то есть дигестия, достаточно велика (16 %), соответственно и более значительно уменьшаются потери. В случае же переработки свеклы обедненной сахаром с малой дигестией (14,0 % и менее) наблюдается менее существенная разница в изменении дигестии и потерь сахара в мелассе при переработке АМ МП. Аналогично лабораторным исследованиям при воздействии на стружку АМ МП с модулирующей частотой $f_{\text{м}} = 32$ Гц наблюдается уменьшение дигестии свеклы и увеличение потерь сахара в мелассе.

Представлены результаты исследований по использованию МП, АМ и ЧМ МП для хранения сахарной свеклы, из которых следует, что возможно уменьшение потерь сахара в свекле при хранении её в течение 60 суток в среднем на 1 %, что позволит в условиях РФ снизить потери сахара на стадии хранения на 97200 тыс. ц.

В результате полевых испытаний, проведенных в 2000 и 2001 годах, воздействия АМ и ЧМ МП на семена подсолнечника, являющегося основной масличной культурой в РФ, установлена возможность увеличения его урожайности на 0,8 ц/га. В условиях Краснодарского края это позволит получить увеличение урожая на 280 тысяч центнеров, а применительно к РФ на 2400 тысячи центнеров.

Представлены результаты лабораторных исследований и полевых испытаний воздействия ЧМ МП на семена кукурузы гибрида первого поколения сорта А382МВ, из результатов которых следует, что наблюдаются аналогичные резонансные эффекты изменения всхожести, как и в семенах подсолнечника.

Показана принципиальная возможность положительного влияния МП на виноградный сок, полученный из винограда сорта Изабелла.

Показана принципиальная возможность влияния МП с частотами, лежащими в диапазоне КНЧ и СНЧ, на число колоний 24 часовой культуры *E. coli*, помещенной в физиологический раствор.

Предложен и экспериментально апробирован новый способ обработки биосистем, заключающийся в раздельном во времени воздействии с помощью одного передатчика на растительную биосистему и на находящуюся на ее поверхности микрофлору, который осуществляется путем воздействия на них АМ или ЧМ МП (таблица 3), которое проманипулировано прямоугольными импульсами, в паузе между которыми подаются АМ или ЧМ сигналы, воздействующие на микроорганизмы.

Таблица 3. Результаты исследования зависимости всхожести и количества колоний бактерий, находящихся на поверхности зерна, от воздействия ЧМ МП с частотой несущей $f_n = 200$ кГц, девиацией частоты $\Delta f = 3$ кГц и модулирующей частотой $f_{M1} = 18,0$ Гц, дополнительно амплитудно-манипулированного прямоугольными импульсами (длительность импульса $\tau_{имп} = 25 \div 50$ мкс), в паузе между которыми ($\tau_{паузы} = 25 \div 50$ мкс) на излучатель подавались ЧМ электрические сигналы с частотой несущей $f_n = 200$ кГц и модулирующей частотой $f_{M2} = 19,0$ Гц, при этом величина магнитной индукции достигала 6 мТл, а общая длительность составляла 60 мин.

Сорт семян	f_n , кГц	f_{M1} , Гц	f_{M2} , Гц	B , мТл	t , мин	$\tau_{паузы}$, мкс	$\tau_{имп}$, мкс	Всхожесть V, %	Число колоний
Пионер	200	18,0	19,0	6	60	50	50	+38	5
Пионер	200	18,0	19,0	6	60	40	50	+41	2
Пионер	200	18,0	19,0	6	60	30	50	+40	9
Пионер	200	18,0	19,0	6	60	25	50	+42	15
Пионер	200	18,0	19,0	6	60	50	40	+29	1
Пионер	200	18,0	19,0	6	60	50	30	+13	3
Пионер	200	18,0	19,0	6	60	50	25	+11	3

Из результатов исследований представленных в таблице 3 следует, что при увеличении времени ($\tau_{паузы}$) воздействия ЧМ МП с частотой несущей $f_n = 200$ кГц девиацией частоты $\Delta f = 3$ кГц и модулирующей частотой $f_{M2} = 19,0$ Гц, при величине магнитной индукции 6 мТл уменьшается число колоний бактерий на поверхности зерна, но и незначительно уменьшается всхожесть, поскольку уменьшается $\tau_{имп}$, то есть увеличение длительности воздействия ЧМ МП с частотой несущей $f_n = 200$ кГц и модулирующей частотой $f_{M1} = 18,0$ Гц приводит к увеличению всхожести семян, а увеличение длительности воздействия ЧМ МП с частотой несущей $f_n = 200$ кГц и модулирующей частотой $f_{M1} = 18,0$ Гц приводит к уменьшению всхожести семян и уменьшению числа колоний.

Ввиду возможного влияния МП крайне низких частот на генетический аппарат растений необходимо ограничиться обработкой сырья используемого для переработки в пищевой промышленности и семян технических сельскохозяйственных культур.

На основе анализа экспериментальных результатов сделан вывод, что при оценке действия ЭМП на биосистему необходимо не просто знать амплитуду отдельных составляющих и ширину спектра, воздействующего на биосистему, но и каким образом промодулирована каждая составляющая спектра, то есть каков вид её модуляции (АМ, ЧМ и т. д.) и каковы пара-

метры модуляции, в том числе и какова частота модулирующего сигнала. Раньше исследователи руководствовались только энергетическими представлениями о влиянии поля того или иного спектра на биосистему, с учетом же вышесказанного возникает необходимость в пересмотре существующих положений.

Предложены методические рекомендации разработки нормативов, регулирующих воздействие ЭМП на биосистемы. Подчеркнуто, что необходимо нормирование таких параметров, как глубина модуляции, девиация частоты, ограничение изменения модулирующей частоты (нижняя граница).

Проведенные исследования позволяют создать экологически безопасные технологии обработки биосистем ЭМП, внедрение которых в народное хозяйство приведет к существенному уменьшению использования удобрений и энергоносителей.

ВЫВОДЫ

1. В результате работы проведено теоретическое и экспериментальное обоснование возможности детектирования колебаний магнитного поля, а также выделение после детектирования колебаний крайне низкочастотного диапазона в биологических системах на примере семян подсолнечника, корнеплодов сахарной свеклы и её диффузионного сока.

2. Построена математическая модель, описывающая резонансное взаимодействие биосистем растительного происхождения с магнитным полем крайне низких частот и низкочастотным амплитудно- и частотно-модулированным магнитным полем, которая показывает, что магнитное поле крайне низких частот может оказывать влияние на генетический аппарат растительных биосистем.

3. В результате обобщения экспериментального материала установлено, что низкочастотное амплитудно-модулированное и частотно-модулированное магнитное поле, у которого в качестве модулирующих частот используются частоты крайне низкочастотного диапазона, оказывает аналогичное воздействие на биосистемы растительного происхождения, что и магнитное поле крайне низких частот.

4. Установлено, что за счет воздействия магнитного поля крайне низких частот всхожесть семян сельскохозяйственных культур и их урожайность, а так же чистота диффузионного сока сахарной свеклы может как увеличиваться, так и уменьшаться. При этом первичным фактором, влияющим на результат воздействия, является частота магнитного поля крайне низких частот или, в случае воздействия низкочас-

тотного амплитудно-модулированного или частотно-модулированного магнитного поля, модулирующая частота этих полей.

5. Впервые установлены закономерности изменения качества всхожести семян подсолнечника от изменения параметров модуляции, времени обработки, величины магнитной индукции амплитудно-модулированного и частотно-модулированного магнитного поля.

6. Впервые проанализированы закономерности изменения чистоты диффузионного сока сахарной свеклы от изменения параметров модуляции, времени обработки, величины магнитной индукции амплитудно-модулированного и частотно-модулированного магнитного поля.

7. В результате обобщения экспериментального материала установлено, что первичным агентом, воспринимающим воздействие магнитного поля крайне низких частот или низкочастотного амплитудно-модулированного или частотно-модулированного магнитного поля, у которого в качестве модулирующих частот используются крайне низкие частоты, и индукция которых находится в диапазоне от 2 до 20 мТл, являются белки.

8. Показано, что обработка растительных биосистем и белковых растворов магнитным полем крайне низких частот или амплитудно- и частотно-модулированным магнитным полем приводит к изменению растворимости белков.

9. В результате обобщения экспериментального материала установлено, что резонансные частоты семян подсолнечника, корнеплодов сахарной свеклы различны для различных сортов семян и корнеплодов.

10. Показано, что за счет воздействия магнитного поля крайне низких частот всхожесть семян сельскохозяйственных культур и их урожайность, а так же чистота диффузионного сока сахарной свеклы может как увеличиваться, так и уменьшаться. При этом первичным фактором, влияющим на результат воздействия, является частота магнитного поля крайне низких частот или, в случае воздействия низкочастотного амплитудно-модулированного или частотно-модулированного магнитного поля, модулирующая частота.

11. На основе исследований, проведенных в диссертационной работе, предложен новый подход к разработке нормативно-правовых актов, регулирующих воздействие электромагнитных полей на окружающую среду.

12. Установлена возможность резонансного взаимодействия магнитного поля крайне низких частот с семенами кукурузы, виноградным соком и другими биообъектами.

По результатам проделанной работы получено 10 актов полевых и промышленных испытаний.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Барышев М.Г., Решетова Р.С., Гаманченко М.А., Рыжков Д.В. Влияние электромагнитного поля на диффузию сахарозы из свекловичной стружки // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2000. № 5-6. С. 87-88.
2. Барышев М.Г., Касьяненко А.А. Действие амплитудно-модулированного электромагнитного поля ультравысокочастотного диапазона на семена сельскохозяйственных культур // Вестник Российского университета дружбы народов, Серия "Экология и безопасность жизнедеятельности". 2000. № 4. С.141-144.
3. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Запорожский В.А. Исследование воздействия амплитудно-модулированного электромагнитного поля ультравысокочастотного диапазона на семена подсолнечника // Известия вузов. Пищевая технология. 2001. № 2-3. С.83-84.
4. Касьянов Г.И., Барышев М.Г., Ильченко Г.П. Биорезонансная стимуляция увеличения урожайности сельскохозяйственных культур // Хранение и переработка сельхозсырья. М. 2001. № 2. С.17.
5. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Влияние электромагнитного поля на физико-химические и биологические системы // Хранение и переработка сельхозсырья. М. 2001. № 9. С.17-19.
6. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Влияние электромагнитного поля на физико-химические и биологические системы // Хранение и переработка сельхозсырья. М. 2001. № 10. С.9-12.
7. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Воздействие амплитудно-модулированного электромагнитного поля на семена подсолнечника // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2001. № 4. С. 20-21.
8. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Воздействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений // Известия вузов. Пищевая технология. Краснодар. 2002. №1. С.21-23.
9. Хриспок В.Т., Узун Л.Н., Барышев М.Г. Влияние электромагнитного поля на выход и состав клюквы. // Известия вузов. Пищевая технология. 2002. № 4. С.73-74.
10. Барышев М.Г., Касьяненко А.А., Козлов Ю.П. О влиянии электромагнитного поля низкочастотного диапазона на изменение чистоты раствора сокостружечной смеси сахарной свеклы // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. "Экология и безопасность жизнедеятельности". М. РУДН. 2002. №5, С.140-143.
11. Барышев М.Г., Дмитриев В.И. Исследование выживаемости штаммов кишечной палочки при воздействии на них низкочастотного электро-

- магнитного поля. Актуальные проблемы экологии и природопользования // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. "Экология и безопасность жизнедеятельности". М.: РУДН. 2002. № 5. С.144-146.
12. Христюк В.Т., Узун Л.Н., Барышев М.Г. Применение электромагнитного поля для обработки пищевых продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. М. 2002. № 11. С.35-37.
 13. Христюк В.Т., Узун Л.Н., Барышев М.Г. Брожение виноградного суслеа и мезги после их обработки электромагнитным полем крайне низкочастотного диапазона // Известия вузов. Пищевая технология. 2002. №5-6. С.43-44.
 14. Барышев М.Г. Об адекватности ответа биологических систем растительного происхождения на воздействие инфразвуковыми акустическими колебаниями и магнитным полем крайне низких частот // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. "Экология и безопасность жизнедеятельности". М. РУДН. 2002. №6, С.173-177.
 15. Барышев М.Г. О резонансном воздействии амплитудно-модулированного магнитного поля на корнеплоды сахарной свеклы // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. "Экология и безопасность жизнедеятельности". М. РУДН. 2002. № 6 С.177-181.
 16. Барышев М.Г., Козлов Ю.П., Касьяненко А.А. О новом подходе к регулированию норм воздействия электромагнитного поля на окружающую среду // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. "Экология и безопасность жизнедеятельности". М. РУДН. 2002. №6, С.164-167.
 17. Барышев М.Г., Куликова Н.Н., Сидоров И.В. Электромагнитные поля и окружающая среда // Экология и промышленность России. Май 2002. С.42-43.
 18. Татарченко И.И., Барышев М.Г., Сакисв А.Э. Обработка табачного сырья низкочастотными электромагнитными полями и оценка его технологических свойств. Краснодар: ГУ КНИИХП. 1999. 44 с.
 19. Барышев М.Г. Влияние электромагнитного поля на биологические системы растительного происхождения. Краснодар: КубГУ. 2002. 303.с.
 20. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Электромагнитная обработка сырья растительного и животного происхождения. Краснодар: 2002. КубГТУ. 214 с.
 21. Решетова Р.С., Барышев М.Г. Применение электромагнитного поля в свеклосахарном производстве. Краснодар: 2002. КубГТУ. 146 с.
 22. Магеровский В.В., Куценко А.И., Барышев М.Г., Ильченко Г.П., Касьянов Г.И. Способ обработки семян сельскохозяйственных культур / Патент РФ № 2134944 А 01 С1/00 с приоритетом от 24.12.97. Опубл. 27.08.99. Бюл. № 24. Зарегистр. 27.08.99.

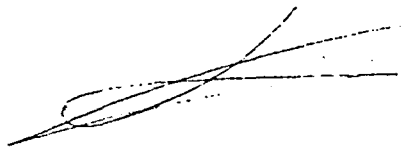
23. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172580 А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 27.08.01. Бюл. № 24. Зарегистр. 27.08.01.
24. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172091. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
25. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172092. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
26. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172093. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
27. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172094. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
28. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172095. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
29. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172096. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
30. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172097. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
31. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Решетова Р.С., Ильченко Г.П. Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Патент РФ № 2172098. А 01 F 25/00, С 13 С 1/00 с приоритетом от 28.02.02. Оpubл. 20.08.01. Бюл. № 23. Зарегистр. 20.08.01.
32. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Магеровский В.В., Ильченко Г.П. Способ обработки семян / Патент РФ № 2175179. А 01 С 1/00 с приоритетом от 08.06.02. Оpubл. 27.10.01. Бюл. № 30. Зарегистр. 27.10.01.
33. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Магеровский В.В., Ильченко Г.П. Способ обработки семян / Патент РФ № 2175180. А 01 С 1/00 с приоритетом от 08.06.02. Оpubл. 27.10.01. Бюл. № 30. Зарегистр. 27.10.01.

34. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Магеровский В.В., Ильченко Г.П. Способ обработки семян / Патент РФ № 2175181. А 01 С 1/00 с приоритетом от 08.06.02. Оpubл. 27.10.01. Бюл. № 30. Зарегистр. 27.10.01.
35. Барышев М.Г. Способ обработки семян / Патент РФ № 2175824. А 01 С 1/00 с приоритетом от 08.06.02. Оpubл. 20.11.01. Бюл. № 32. Зарегистр. 20.11.01.
36. Барышев М.Г. Способ обработки семян / Патент РФ № 2175825. А 01 С 1/00 с приоритетом от 08.06.02. Оpubл. 20.11.01. Бюл. № 32. Зарегистр. 20.11.01.
37. Барышев М.Г. Способ обработки семян / Патент РФ № 2175826. А 01 С 1/00 с приоритетом от 08.06.02. Оpubл. 20.11.01. Бюл. № 32. Зарегистр. 20.11.01.
38. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Магеровский В.В., Ильченко Г.П. Способ обработки семян / Патент РФ № 2179792. А 01 С 1/00 с приоритетом от 08.06.02. Оpubл. 27.02.02. Бюл. № 6. Зарегистр. 27.02.02.
39. Барышев М.Г., Решетова Р.С., Гаманченко М.А., Касьянов Г.И. Способ очистки диффузионного сока / Патент РФ № 2183674. С 13 D 3/02, 3/18 с приоритетом от 13.12.02. Оpubл. 20.06.02. Бюл. № 17. Зарегистр. 20.06.02.
40. Барышев М.Г., Решетова Р.С., Гаманченко М.А., Касьянов Г.И. Способ очистки диффузионного сока / Патент РФ № 2183675. С 13 D 3/02, 3/18 с приоритетом от 13.12.02. Оpubл. 20.06.02. Бюл. № 17. Зарегистр. 20.06.02.
41. Барышев М.Г., Дмитриев В.И. Способ обеззараживания жидких сред / Патент РФ № 2188798. 7 С 02 F 1/48 // С 02 F 103:04 с приоритетом от 08.12.2000. Оpubл. 10.09.02. Бюл. № 25. Зарегистр. 10.09.02.
42. Барышев М.Г., Ильченко Г.П., Магеровский В.В., Казаков А.В. Применение электромагнитного поля для предпосевной обработки семян // Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции (прогрессивные технологии и оборудование) Сборник научных трудов КНИИХП. Краснодар. 2000. Вып. 4. С.197-200.
43. Касьянов Г.И., Барышев М.Г., Ильченко Г.П. Использование биорезонансной стимуляции для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур // Материалы международной научной конференции. Прогрессивные пищевые технологии - третьему тысячелетию. Краснодар. 2000. КубГТУ. С.81.
44. Решетова Р.С., Барышев М.Г. Увеличение выхода сахара при переработке сахарной свеклы // Материалы международной научной конференции. Прогрессивные пищевые технологии - третьему тысячелетию. Краснодар. 2000. КубГТУ. С.129.
45. Магеровский В.В., Казаков А.В., Гольдман Р.Б., Барышев М.Г., Ильченко Г.П. Использование биорезонансной стимуляции семян сельсо-

- хозяйственных культур низкочастотным электромагнитным полем // Труды КГАУ. Краснодар. 2000. Вып.381(409). С.114-116.
46. Решетова Р.С., Барышев М.Г. О возможности увеличения выхода сахара из корнеплодов сахарной свеклы // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2000. Часть 2. С.56-57.
 47. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Оценка влияния электромагнитного поля на семена подсолнечника // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2000. Часть 4. С.28-31.
 48. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Исследования влияния электромагнитного поля на начальные стадии прорастания семян подсолнечника // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2000. Часть 4. С.32-37.
 49. Христюк В.Т., Узун Л.Н., Барышев М.Г. Использование энергии электромагнитного поля для обработки виноградного сусла // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2001. Часть 5. С.37.
 50. Барышев М.Г., Решетова Р.С., Касьянов Г.И. Обработка диффузионного сока с помощью энергии электромагнитного поля // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2001. Часть 5. С.31.
 51. Барышев М.Г., Решетова Р.С. Исследования электрофизических характеристик диффузионных растворов сахарной свеклы. // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2001. Часть 5. С.33.
 52. Барышев М.Г., Дмитриев В.Н. Воздействие электромагнитного поля на культуру E.coli // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработ-

- ки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2001. Ч. 5. С.38.
53. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Влияние электромагнитного поля на всхожесть семян сельхозкультур и кальцевый обмен // Материалы международной научно-практической конференции. Продовольственная индустрия юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения. Краснодар. 2001. Часть 5. С.39-40.
 54. Христюк В.Т., Узун Л.Н., Барышев М.Г. Исследования воздействия электромагнитного поля на химический состав клюквенного сока // Материалы международной научно-практической конференции. «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг». Орел. 2001. С.185-186.
 55. Барышев М.Г. О влиянии электромагнитного поля на биологические объекты // Материалы шестой международной конференции. Экология и здоровье человека. Экологическое образование. Математические модели и информационные технологии. 7-12 сентября 2001. Криница. Краснодар. 2001. С.9.
 56. Христюк В.Т., Узун Л.Н., Барышев М.Г. Влияние электромагнитного поля крайне низкочастотного диапазона на виноградное суело и мезгу // Научно-практическая работа как поиск решения биотехнологических проблем при производстве натуральных вин и коньяков. Материалы научно-практической конференции. Ставрополь. 2001. С.48-51.
 57. Узун Л.Н., Христюк В.Т., Барышев М.Г. Влияние электромагнитного поля крайне низкочастотного диапазона на виноградное суело // Материалы юбилейной международной конференции. Пищевые продукты XXI века. М. 2001. С.263-264.
 58. Барышев М.Г. Исследования воздействия электромагнитного поля на диффузионный сок сахарной свеклы // Материалы шестой международной конференции. Экология и здоровье человека. Экологическое образование. Математические модели и информационные технологии. Краснодар-Криница. 2001. С.334-335.
 59. Куликова Н.Н., Барышев М.Г. Влияние амплитудно-модулированного ЭМП на всхожесть семян сельскохозяйственных культур // Сборник тезисов ВНКСФ-7: Санкт-Петербург. 2001. С.181-182.
 60. Барышев М.Г. Исследование взаимодействия электромагнитного поля не тепловой интенсивности с корнеплодами сахарной свеклы / Актуальные проблемы экологии и природопользования. М. 2001. РУДН. Сб. науч. тр. Выпуск 2. С.339.
 61. Барышев М.Г., Ильченко Г.П., Куликова Н.Н. Исследование действия амплитудно-модулированного магнитного поля на физико-химические свой-

- ства водных растворов аминокислот. Новые технологии будущее пищевой промышленности. Сб. науч. тр. КНИИХП. Краснодар. 2002. С. 152-156.
62. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. О возможности использования слабого электромагнитного поля в пищевой промышленности // Материалы международной научно-практической конференции. Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса регионов России. Уфа. 2002. Часть 1. С.48.
 63. Ганыч В.В., Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Влияние электромагнитного поля на аминокислоты // Материалы международной научно-практической конференции. Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса регионов России. Уфа. 2002. Часть 1. С.78-79.
 64. Хрипюк В.Т., Узун Л.Н., Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Использование электромагнитного поля крайне низкочастотного диапазона для регулирования химического состава плодов, ягод и продуктов их переработки // Материалы международной научно-практической конференции. Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса регионов России. Уфа. 2002. Часть 1. С.254-255.
 65. Узун Л.Н., Барышев М.Г. Исследование влияния электромагнитного поля нетепловой интенсивности на переработку винограда // Научные основы и практическая реализация технологий получения и применения натуральных структурообразователей. Материалы международной научно-практической конференции. Краснодар. 2002. С.111-112.
 66. Узун Л.Н., Хрипюк В.Т., Барышев М.Г., Шакун М.М. Влияние электромагнитного поля на пищевые среды // Всероссийский научный семинар и выставка инновационных проектов на тему: Действие электрических полей (электрического тока) и магнитных полей на объекты и материалы. Москва. 2002. С.118-119.
 67. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Регулирование биохимических процессов в биологических системах с помощью энергии электромагнитного поля // Научные основы процессов и машин пищевых производств. Материалы международной научной конференции. Краснодар 2002. С. 256-261.



Барышев Михаил Геннадьевич (Россия)

“Взаимодействие низкочастотного магнитного поля с растительными биологическими объектами”

В диссертационной работе проведено теоретическое и экспериментальное обоснование возможности детектирования колебаний магнитного поля, а также выделения после детектирования колебаний крайне низкочастотного диапазона в биологических системах на примере семян подсолнечника, корнеплодов сахарной свеклы и её диффузионного сока. Создана математическая модель, описывающая резонансное взаимодействие биосистем растительного происхождения с магнитным полем крайне низких частот и низкочастотным амплитудно- и частотно-модулированным магнитным полем.

Создана методика экспресс-анализа определения резонансных частот семян подсолнечника, сахарной свеклы и её диффузионного сока.

Разработаны рекомендации по выработке нормативно-правовых актов, регулирующих воздействие модулированных магнитных полей на биологические системы, учитывающих спектр модулирующих частот и другие параметры модуляции.

Barushev Mihael Genadjevich (Russia)

The interaction of the low frequent magnetic field with the plant biological objects.

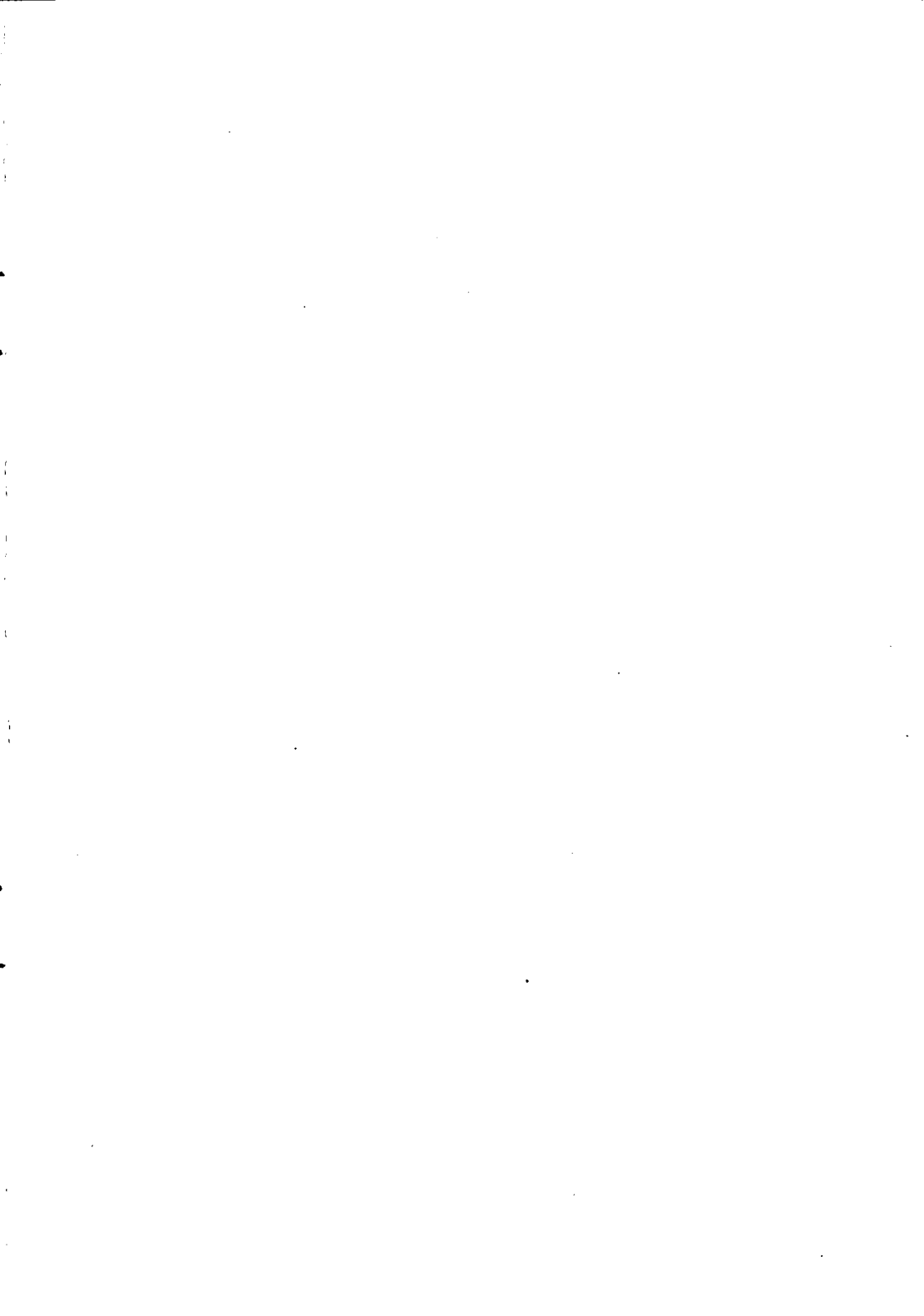
In this thesis work draw the theoretical and experimental substantiation of possibility detection of fluctuation for magnetic field and singling out after the detection of fluctuation extremely low-frequent scope in the biological systems on the model of the sunflower's seeds and the sugar beet root and it's diffusion juice. Here had made the mathematic model and it describes an effective co-operation of the biosystems of plant origin with the magnetic field extremely low-frequencies with low-frequent amplitude and frequent modulate magnetic field.

In this thesis work had created the methodies of express analysis for determination resonance's frequency of the sunflower's seeds, the sugar beet root and it's diffusion juice.

Here had elaborated the recomendations for developing the normative legal acts which regulate the influence of modulated magnetic fields on the biological systems that count up the spectrum modulated frequencies and other parameters of modulation.

Отпечатано в ООО «Оргсервис-2000»
Тираж 100 экз. Заказ № 25/12-3Т
Москва, 115419, а/я 774, ул. Орджоникидзе, 3





2003-A

3241

W-3241