Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Фізико-енергетичний факультет
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: «Взаємодія рослинних організмів з імпульсними магнітними полями»

Виконав: студент 6 курсу, групи НФ-61
напряму підготовки
6.040204 прикладна фізика
Бойко М.В.
Керівник: доцент, к.ф.-м.н. Кудрявцев І. М.

Харків - 2017

Реферат

Взаемодействие растительных организмов с импульсными магнитными полями

Данная дипломная работа посвящена исследованию взаимодействия влияния электромагнитных полей на растительные организмы. Разработана и изготовлена оригинальная экспериментальная установка. Были определены резонансные частоты для разных пород деревьев. Полученные результаты могут быть использованы в области альтернативной энергетики для усиления электромагнитных сигналов, генерации электричества, а также для управления ростом и плодоношением растительных организмов. Возможно также развитие данного направления исследований для установления доступного электромагнитного способа обмена информацией между человеком и растением.

Реферат

Взаємодія рослинних організмів з імпульсними магнітними полями

Дана дипломна робота присвячена дослідженню взаємодії впливу електромагнітних полів на рослинні організми. Розроблено та виготовлено оригінальну експериментальну установку. Були визначені резонансні частоти для різних порід дерев. Отримані результати можуть бути використані в галузі альтернативної енергетики для посилення електромагнітних сигналів, генерації електрики, а також для управління ростом і плодоношенням рослинних організмів. Можливий також розвиток даного напрямку досліджень для встановлення доступного електромагнітного способу обміну інформацією між людиною і рослиною.

Abstract

Interaction of plant organisms with pulsed magnetic fields

This thesis is devoted to research of interaction effects of electromagnetic fields on plant organisms. Developed and produced original experimental setup. Resonance frequencies were identified for different tree species. The results can be used in alternative energy to amplify electromagnetic signals, generation of electricity, and to manage growth and fruiting of plant organisms. There is further possible development of research for establishing electromagnetic available channels of communication between humans and plants.

Зміст

1. Введення.....6

2.Основні теоретичні відомості.....8

2.1 Загальні відомості.....8

2.2 Дослід Гальвані.....21

2.3 Дослід Бейтнера і Леба.....30

3. Постановка експерименту.....35

4. Результати експериментів.....39

5. Висновки.....42

6. Список літератури.....44

1. Вступ

З розвитком нових технологій людина все більше впливає на навколишнє середовище. Незважаючи на те, що вплив електричних і магнітних полів вивчалося протягом тривалого часу, ефекти і явища, які при цьому спостерігаються в живій природі, не в достатній мірі зрозумілі і з'ясовні. Тому, вивчення взаємодії біологічних об'єктів, в тому числі рослинних організмів, з такими фізичними явищами, як електрика і магнетизм, залишається актуальним і в даний час.

На нашій планеті розрізняють природні і антропогенні магнітні поля.

Під природними магнітними полями на увазі природне магнітне поле Землі, а також магнітні бурі, що виникають в магнітосфері. Протягом мільйонів років у живих організмів сформувався механізм взаємодії з магнітними полями, тому найбільший науковий інтерес представляє вивчення антропогенних електромагнітних полів, які активно створюються людиною в даний час.

Технічна діяльність людини створює електромагнітні поля, які набагато сильніші, ніж природні. Вони займають меншу площу, ніж земні електромагнітні поля, але їх вплив за інтенсивністю може бути набагато істотніше на біологічні організми.

Джерелами антропогенних випромінювань є: лінії електропередач, автомобілі, електростанції, підстанції, різні теле- і радіо пристрої та комунікації, вишки і антени мобільного зв'язку, бездротовий Інтернет.

Крім того, дана тематика є актуальною як для вирішення проблем пов'язаних з підвищенням врожайності, зимостійкості рослин, зміною сили їх зростання, так і для встановлення можливої активної комунікації людини з

рослинами і вирішенням багатьох медичних аспектів продуктів рослинництва, управління хімічним складом рослин і т.д .

Метою даного дипломного проекту є вивчення впливу електромагнітних імпульсів на рослинні організми, пошук резонансних частот в широкому спектрі електромагнітних хвиль, дослідження особливостей електромагнітного відгуку рослин на зовнішні впливи з застосуванням прецизійного генератора і мобільного осцилографа.

2.Основні теоретичні відомості

2.1 Загальні відомості

Магнітобіологія як наука сформувалася порівняно недавно, проте її корені сягають у далеку давнину. Початком наукового підходу до магнітобіології вважається 1600 рік, коли вперше була видана книга, присвячена вивченню магнітних ефектів [1].

На питання можливого впливу електричних і магнітних полів на процеси життєдіяльності біологічних об'єктів звертають увагу Р. Сетлоу і Е. Поллард [2]. На їхню думку, підвищення концентрації в певних ділянках клітини може відбуватися за рахунок силового поля. Єдиним полем, яке може грати таку роль, автори вважають електричне поле. Вони відзначають, що електричний характер багатьох клітинних процесів не викликають сумнівів. Зокрема, прикріплення фага до бактерії на першій стадії обумовлено електричними силами. Автори вказують, що функціональні групи NH3 і COOH, є важливою характеристикою амінокислот і білків, можуть легко обмінюватися протонами з розчином.

В результаті такі групи і, отже, цілі молекули набувають позитивний або негативний заряд. Провівши елементарний розрахунок, автори показують, що в певних умовах в живому організмі можуть з'являтися значні електричні поля, які, природно, повинні впливати на безладні дифузійні процеси в клітці. Такі поля будуть, на їх думку, обумовлювати різну рухливість амінокислот і можуть створити умови, при яких в певній ділянці буде відбуватися накопичення метаболітів певного типу.

Біологічні об'єкти, що виникли в процесі еволюції з навколишнього середовища, є як би частиною цього середовища. Інформація, закладена в насінні, спирається в своєму розгортанні на енергетичні та матеріальні

ресурси середовища. Мало того, в процесі розвитку організм черпає з навколишнього середовища додаткову інформацію [3,4].

Зв'язок рослинного організму з середовищем проявляється ще в більш явній формі, ніж зв'язок тваринного організму, оскільки перший асимілює енергію безпосередньо з навколишнього середовища (фотосинтез), на відміну від другого, який використовує енергію, накопичену в хімічних зв'язках органічних сполук і звільняється при окисленні [5].

Однак середовище безупинно змінює свої фізичні характеристики. Тому що знаходяться в ній біологічні об'єкти негайно загинули б, якби в них в процесі еволюції не були створені надзвичайно різноманітні і гнучкі регулюючі механізми, що дозволяють їм не тільки зберігатися, але і збільшуватися в об'ємі і відтворюватися.

Природа володіє надзвичайною складністю і різноманіттям.

Прикладами цього є величезна різноманітність організмів, складність атомних процесів, будова сонячної системи і зіркових галактик. Відомі чотири типи різних взаємодій, за допомогою яких описуються всі фізичні явища. Сьогодні нам видається, що все найрізноманітніші прояви природи елементарних частинок зводиться до дії між ними саме цих чотирьох видів сил. Найбільш відомими з них є гравітаційні і електромагнітні сили, далеке дію яких безпосередньо проявляються в навколишньому світі.

Гравітація дозволяє нам утримуватися на Землі, а планетам - на їх орбітах. Електромагнітні взаємодії електронів усередині атомів і молекул зумовлюють всі відомі хімічні і фізичні властивості звичайних твердих тіл, рідин і газів і, крім того, лежать в основі всіх процесів, що відбуваються в живих організмах.

Далі, існують сильні взаємодії, які згуртовують протони і нейтрони в атомних ядрах. Радіус сильних взаємодій надзвичайно обмежений і становить близько 10-12мм [6].

Найменш відомими з чотирьох типів сил є так звані слабкі взаємодії. Вони мають такий малий радіус (менше 10-14мм) і настільки слабкі, що нібито не зможуть пов'язувати між собою ніякі частинки. З огляду на те , що слабкій взаємодії зобов'язана своїм існуванням перша ланка в ланцюжку термоядерних реакцій, що відбуваються на сонці і, в кінцевому рахунку, все життя, то і вся енергія на нашій планеті також безпосередньо зобов'язана своїм походженням слабкій взаємодії [48,31,32,33, 34,35,36,37,38,39,40,29].

Для пояснення регуляційних механізмів біологічних об'єктів, як неодноразово вказується в науковій літературі, методи класичної біології, хімії та фізики є явно недостатніми, оскільки структура і функції цих механізмів визначаються рухом електронних хмар в сполучених молекулах. Ці «рухи» можуть привести в кінцевому підсумку до найскладнішої організації, іменованої життя лише в тому випадку, якщо вони підкоряються певним статичним закономірностям і, отже, можуть з часом бути пізнані в усій складності їх взаємозв'язків.

З цієї точки зору не можна погодитися з думкою А. Сент-Дьорд, що «біологія - це наука про неймовірне» і що «для організму істотні тільки статичні неймовірні реакції» [5]. З цієї точки зору існування будь-якої автоматичної лінії можна вважати статично неймовірним. Однак це неймовірне стає закономірним, якщо його розглянути з точки зору теорії автоматичного регулювання. І існування біологічних об'єктів стає також статично ймовірним, якщо їх розглядати з позиції кібернетики та квантової механіки.

Зокрема, на думку Л.А. Тумермана [45], що не зводиться біологія до фізики має характер незвідність складного явища до системи простих, так як при функціонуванні складного об'єкта необхідно враховувати тип організованості і взаємодії елементів.

Одним з фундаментальних понять кібернетики, зокрема теорії автоматичного регулювання, є поняття зворотного зв'язку.

Оскільки біологічні об'єкти є саморегульованими системами, то ясно, що в основі життєдіяльності організмів лежать позитивні і негативні зворотні зв'язки. Однак поняття зворотного зв'язку деякими біологами часто трактується дуже вузько. За основу ними береться модель зворотного зв'язку, що здійснюється в електронних схемах, тобто певна біологічна структура розглядається як схема, сигнал з виходу якої має надійти на вхід і в свою чергу зробити певні зміни на виході. Однак така схема є лише окремим випадком, яка включає поняттям зворотного зв'язку.

Відповідно до теорії автоматичного регулювання об'єктом регулювання може бути визначений процес або реакція, і схеми, що забезпечують потрібне протікання заданого процесу або реакції, можуть бути найрізноманітнішими. Само собою зрозуміло, що ні про яке матеріальному вході і виході в даному випадку не може бути й мови. Входом може бути будь-який параметр, вплив на який дозволяє підтримати протягом процесу або реакції в заданому режимі. Така більш широке трактування поняття зворотного зв'язку дозволяє виявляти зворотні зв'язки в переважній більшості процесів життєдіяльності біологічних об'єктів і, таким чином, аналізувати їх з позицій кібернетики.

Цікавий приклад позитивного зворотного зв'язку, що здійснюється за певних умов в живих організмах, було дано ще А.Г.Гурвічем [7], який виявив, що в результаті поділу клітина випускає мітогенетичні (ультрафіолетові)

промені. Будучи спрямовані на інші клітини, мітогенетичні промені інтенсифікують клітинний розподіл.

На думку А.Г. Гурвича, це опромінення має свій біологічний оптимум і максимум, тобто його надмірна інтенсивність може спричинити за собою інші наслідки і не сприяти клітинного ділення, що в свою чергу є прикладом негативного зворотного зв'язку. При цьому не слід забувати, що ультрафіолетові промені являють собою різновид електромагнітного поля.

З цієї точки зору також слід відзначити дослідження Л. Горині і В. Маас [8], які звертають увагу на експериментально спостережуваний ефект, що деякі метаболіти в одних випадках гальмують утворення ферментів, які беруть участь в їх власному біосинтезі, а в інших випадках позитивно впливають на утворення таких ферментів.

Зазначені взаємодії є яскравим прикладом негативної і позитивної зворотного зв'язку. Автори вважають, що найбільш важливою особливістю розглянутого контрольного механізму є здатність низькомолекулярних метаболітів регулювати ферментні господарство клітини. Зміна ферментного складу, обумовлене або гальмуванням утворення ферментів за типом зворотного зв'язку.

У статті Б. Скотта [9] знаходимо повідомлення, що проливає світло на один з механізмів здійснення зворотного зв'язку. Автор поставив собі за мету встановити, яким чином здійснюється досить швидкий рух індолілуксусної кислоти вниз по колеоптиля. Дослідження показали, що в міру руху гормону вниз по рослині з ним рухається електрична хвиля, тобто змінне електричне поле. Завдяки взаємодії за типом зворотного зв'язку, передній фронт індолілуксусної кислоти породжує електричне поле; це поле, в свою чергу, сприяє просуванню гормону вниз по колеоптиля.

Природно, що більшість механізмів зворотних зв'язків в живих об'єктах поки ще не з'ясовано, але рівень сучасних знань такий, що вже не існує принципових обмежень для виявлення цих механізмів. Дивовижна доцільність окремих клітинних органел, складність їх структури і функцій, втілених в незначних обсягах, зараз вже не можуть здаватися непізнаваними. Потреба мініатюризації виробів в окремих галузях техніки поставила на порядок денний питання про створення мікромодулів.

В даний час ця та інші завдання за мініатюризації технічної частини багатьох електронних пристроїв успішно вирішені. Можна не сумніватися, що живі організми є системи з величезної кількості модулів, структура і функції яких в процесі органічної еволюції досягли такої досконалості, що і зараз є межею мрій для технічних фахівців

Спробуємо наблизитися до з'ясування природи деяких зворотних зв'язків, що функціонують в біологічних об'єктах. Ми вже згадували окремі факти, що стосуються вивчення ролі електричних полів як факторів зворотного зв'язку. Спробуємо розглянути біологічний об'єкт з дещо іншої точки зору, ніж це робилося вище.

Відомо, що якщо електричні заряди починають рухатися, до кулонівських сил додаються магнітні сили. Виникає магнітне поле. З класичної завдання зіставлення сил, що виникають в електричному і магнітному полях [10,11,12] можна зробити наступний висновок.

Щоб отримати рівні переміщення аналогічних рухомих частин в електричній машині, заснованої на принципі взаємодії через магнітне поле, і в машині, побудованої на принципі електричного взаємодії, необхідно дотримуватися рівність:

$$\frac{E}{B} = 1/\sqrt{\mu 0 \varepsilon 0}$$

де Е - напруженість електричного поля;

В - індукція в магнітному зазорі машини;

$\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ *Гн/м* – магнітна постійна;

$\varepsilon_0 = 10^7/4\ \pi\ c^2$ *Ф/м* – електрична постійна;

с - швидкість світла у вакуумі.

Отже, в машині, побудованої на принципі електричного впливу, необхідно досягти значень напруженості електричного поля рівних Е = з В, що для значення індукції в повітряному зазорі рівного 1Вб / м^2 дає 3 × 108 В / м.

Не викликає сумніву, що заряджені частинки в живому організмі знаходяться в русі і, отже, створюють магнітні поля. З іншого боку, що рухається заряджена частинка в живому організмі під впливом магнітного поля, як зовнішнього, так і створюваного іншими частинками, повинна змінювати характер свого руху. Таким чином, нехтування магнітними взаємодіями в біологічних об'єктах неприпустимо [13].

В даний час встановлено, що в ході біохімічних реакцій величезна роль належить вільним радикалам, тобто речовин, які мають сумарним магнітним моментом. Зокрема, магнітні дослідження матеріалу хлоропластів вказують на те, що кожен раз, коли квант світла падає на хлоропласт, утворюються вільні радикали.

Характерно, що ці вільні радикали відносно стійкі і можуть переміщатися [14, 20]. Вільні радикали, як відомо, мають парамагнітні властивості, тобто під дією зовнішнього магнітного поля їх магнітні моменти орієнтуються у напрямку цього поля, що також є прикладом позитивного зворотного зв'язку.

Механізм магнітних взаємодій в процесі життєдіяльності організму поки не розшифрований, проте його не враховувати не можна. Про це свідчить, наприклад, відкрите більше 40 років тому А.В. Криловим явище магнітотропізма рослин, відома здатність окремих живих організмів реагувати на зміну магнітного стану середовища за допомогою органів почуттів і т.д. У зв'язку з цим заслуговує на велику увагу експериментально встановлена зв'язок швидкості руху протоплазми з напрямком силових ліній магнітного поля [16], а також вплив на рух протоплазми клітини струму дії, що виникає при подразненні клітини.

Відомо також, що поряд з електричними взаємодіями магнітні взаємодії можуть бути зараховані до механізмів, що обумовлює складні процеси самоорганізації і саморегулювання біологічних систем. Це не виключає можливості участі в «схемах» саморегулювання біологічних об'єктів певних

спеціалізованих структур, однак процеси, що протікають в цих структурах, в кінцевому підсумку зводяться до тих же електричним, магнітним і електромагнітним впливам [17, 18, 19].

Те ж можна сказати і про сукупність біохімічних реакцій [20, 21,22]. На підтвердження зазначеного положення можна послатися також на відомий приклад резонансної міграції [23, 5]. Автори розглядають процес передачі електронного збудження від однієї молекули до іншої, причому передавачем цього порушення є електромагнітне поле.

Відкриття А.Л. Чижевського [25] в області, названої ним динамічної гематології, ще раз підкреслює величезну роль електричних і магнітних полів в життєдіяльності організмів, зокрема в кровообігу. Вчений встановив, що рухається по судинах кров слід розглядати як строго впорядковану пружну систему, що існує завдяки взаємодії електричних і магнітних полів, створюваних еритроцитами. Їм же і Васильєвим Б.Д. розшифрована зв'язок між електричним станом повітря і функціонуванням еритроцитів [26, 25].

Багато вчених неодноразово підкреслювали роль води в біологічних структурах [27,5,28,29]. Тепер вже загальновизнана залежність властивостей води від магнітного стану навколишнього її середовища ще раз підкреслює значимість ролі магнітних полів як одного з істотних параметрів в процесах самоорганізації і саморегулювання біологічних об'єктів.

У біологічному об'єкті безперервно відбувається зіткнення різних протилежних тенденцій, в результаті чого і встановлюється той складний стан динамічної рівноваги, яким є життя [30,31].

Організм в своєму розвитку є відкритою системою, через яку йде безперервний потік речовини та енергії. Природна полярність організму, обумовлена орієнтованим напрямком молекул в різних структурах і розвивається відповідно до спадковим кодом, також знаходиться в стані динамічної рівноваги, в підтримці якого першорядну роль грають електричні і магнітні взаємодії.

Одночасно ця природна полярність піддається безперервним впливи різних факторів зовнішнього середовища. Під впливом цих факторів первісна полярність розвивається біологічного об'єкта може, мабуть, зазнавати істотних змін. Очевидно, що біологічний об'єкт може нормально розвиватися, лише піддаючи подібним впливи.

Для рослинних організмів роль факторів, що обурюють особливо істотна. У числі цих факторів, поряд зі світлом, температурою, вологістю, складом грунту, впливу яких загальновизнано, існує і активно діє потужний фактор - електричне та магнітне стан середовища, фактор, який до самого останнього часу вченими майже ігнорувався. Накопичені експериментальні дані в області магнітобіології переконливо довели, що біологічні системи мають виборчої сприйнятливістю до дії електромагнітних полів в залежності від їх напруженості, часу впливу і частоти [31-40, 41, 42].

Вплив магнітного або електромагнітного поля на біологічні організми, якими можуть бути яйце, яйцеклітина, сперматозоїди, насіння рослин і інші об'єкти в кінцевому підсумку спускається на рівень окремої клітини, в якій відбуваються різні фізичні (електричні, електромагнітні, теплові, акустичні та інші) і хімічні процеси, в загальній сукупності становлять суть біологічних процесів живого організму [43, 29].

У нормальних умовах розвиток біологічних об'єктів відбувається при наявності природного електричного поля Землі з градієнтом у її поверхні 100-130В / м. При видаленні від земної поверхні цей градієнт зменшується: 0,5км - 50В / м, 6км - 10В / м, що природно впливає на функціонування живих організмів [45, 46].

В живих організмах протікає безліч складних процесів, що складаються з ряду послідовних біохімічних реакцій. Сукупність цих реакцій є метаболізм (перетворення білків, ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот та інших сполук. Відомо, що метаболічні процеси йдуть в різних напрямках і діляться на катаболічний (розпад) і анаболічний (синтез). Їх пов'язує центральний - амфіболіческій шлях обміну речовин , який включає реакції циклу Кребса.

В організмі є ще анаплеротіческі(допоміжні, що відшкодовують) шляхи, що живлять циклічні процеси відсутніми субстратами. Таким чином, всі складні метаболічні процеси в організмі тісно пов'язані і взаємообумовлені. Подібність в будові і хімічному складі у різних клітин свідчить про єдність їх походження. За змістом елементи, що входять до складу клітини, поділяють на 3 групи [21].

1. Макроелементи. Вони складають основну масу речовини клітини. На їх частку припадає близько 99% всієї маси клітини. Особливо висока концентрація чотирьох елементів: кисню, вуглецю, азоту і повітря (98% всіх макроелементів). До макроелементів відносяться також елементи, зміст яких у клітці обчислюється десятими і сотими частками відсотка. Це - калій, магній, натрій, кальцій, залізо, сірка, фосфор, хлор.

2. Мікроелементи. До них відносяться переважно іони важких металів, що входять до складу ферментів, гормонів та інших життєво важливих речовин. В організмі ці елементи містяться в дуже невеликих кількостях: від 0,001 до 0,000001%; в числі таких елементів бор, кобальт, мідь, молібден, цинк, ванадій, йод, бром та інші.

3. Ультрамікроелементи. Концентрація їх не перевищує 10-6%. До них відносяться уран, радій, золото, ртуть, берилій, цезій, селен, миш'як і інші рідкісні елементи. Роль деяких з них в організмі ще не уточнена або навіть невідома (наприклад, миш'яку). При нестачі цих елементів всередині клітини можуть порушуватися обмінні процеси. Молекулярний склад клітини складний і різнорідний. Неорганічні сполуки - вода і мінеральні речовини зустрічаються також в неживій природі; інші - органічні сполуки (вуглеводи, жири, білки, нуклеїнові кислоти і ін.) - характерні тільки для живих організмів.

Відповідно до сучасних уявлень [46], основу структурної організації живого становлять мікромолекули, перш за все найважливіші біополімери - білки і нуклеїнові кислоти. Специфіка полімерних молекул на відміну від

малих молекул визначається великим числом однотипних ланок (мономери) пов'язаних в лінійну ланцюг. Тепловий рух входять в полімерну ланцюг атомів і атомних груп, повороти і обертання їх навколо одиничних зв'язків обумовлюють велику кількість внутрішніх ступенів свободи макромолекули.

Це змушує розглядати макромолекули як макроскопічну систему, статистичний характер поведінки якої проявляється в наявності середніх значень таких параметрів, як розміри, форма, ступінь згорнутість макромолекули. Разом з тим існують між атомами хімічні зв'язки і взаємодії ближнього і далекого порядку накладають певні обмеження на число можливих конформацій макромолекул.

Зміна конформації біополімерів, що відбуваються в процесах клітинного метаболізму і трансформації енергії, також носять цілком певний характер і відображають внутрішньоклітинну динамічну організацію біополімерів. Таким чином, своєрідність біологічної макромолекули як фізичного об'єкта полягає в тісному поєднанні статистичних і детерміністських (механічних) особливостей її поведінки: з одного боку, велика кількість взаємодіючих атомів і внутрішньо молекулярних ступенів свободи і, як наслідок, можливість здійснення величезного числа різних конфірмацій, з іншого - певний хімічний характер і конфірмаційні зміни при функціонуванні біополімерів.

У макромолекулах відбуваються складні процеси трансформації енергії, що включають міграцію енергії електронного збудження і транспорт електронів. В основі функціонування макромолекул лежать електронно-

конфірмаційні взаємодії (ЕКВ), які проявляються в самих різних процесах, де беруть участь біологічно активні макромолекулярні комплекси.

Основна проблема полягає в тому, щоб розкрити природу взаємодій атомних груп, що визначають конфірмаційні особливості і внутрішню динаміку біологічних макромолекул, механізми взаємодії електронних і конфірмаційних переходів, і на їх основі зрозуміти механізми функціонування біополімерів в живих системах [49]. Саме це і є предметом молекулярної біофізики.

У той же час для фахівців, що займаються електротехнологічними проблемами в сучасному сільськогосподарському виробництві важливо визначити правильний напрямок наукових досліджень безлічі електрофізичних факторів, що впливають на підвищення життєдіяльності об'єктів рослинного і тваринного походження. [47].

2.2 Дослід Гальвані

Луїджі Гальвані народився в Болоньї 9 вересня 1737 г. Зовні його життя було нічим не примітна. У 1759 році він закінчив Болонський університет (один з найстаріших в Європі - він заснований ще в 1119) і залишився в ньому працювати. Він займався медициною і анатомією. Його дисертація була присвячена будові кісток; крім того, він вивчав будову нирок і вуха птахів. Гальвані отримав ряд нових даних але опублікувати їх йому не довелося, тому що трохи раніше більшість цих фактів були описані італійським вченим А. Скарпа. Ця перша наукова невдача не засмутила Гальвані.

У 1762 р у віці 25 років Гальвані почав викладати медицину в Болонському університеті, через рік став професором, а в 1775 р.- завідуючим кафедрою практичної анатомії. Він був прекрасним лектором, і його лекції користувалися великим успіхом у студентів. Багато працював він і як хірург. Медична практика і викладацька робота забирали багато часу, але Гальвані як справжній син своєї епохи не кидав і чисто наукову роботу: і описову, і особливо експериментальну, З 1780 р Гальвані почав роботу з фізіології нервів і м'язів, яка принесла йому всесвітню славу і безліч неприємностей.

Електрика в цей час розглядали як «електричний флюїд», як особливу електричну рідину. Ця гіпотеза виникла після того як Грей відкрив, що електрика може «перетікати» від одного тіла до іншого, якщо їх з'єднати металевим дротом або іншими провідниками.

Ця гіпотеза, звичайно, була навіяна уявленнями, які панували тоді в інших розділах фізики. Властивостями невагомою рідини - ефіру - пояснювали хвильове поширення світла; теплоту теж вважали невагомою рідиною. Гіпотеза про сутність електрики була піддана експериментальної перевірки.

Наелектризовані тіла ретельно зважували і не могли виявити збільшення у вазі. Таким чином, уявлення про невагомості електричного заряду було результатом не тільки умоглядних міркувань, але і наслідком недостатньої точності вимірювань.

Коли з'ясувалося, що електричний заряд не можна вимірювати зважуванням, фізики почали винаходити принципово нові прилади. Ці прилади - різного роду електроскопи і електрометрії - з'являються в середині XVIII століття. У 1746 р з'являється електрометрії Еллікота ,. в 1747 р.- електроскоп Нолле, того самого абата, який демонстрував королю в Версалі

розряд лейденської банки. Один з перших електрометрів був сконструйований Ріхманом.

Спочатку вважали, що електрична рідина - один із сортів «теплорід», Ця обставина обґрунтовували тим, що при терті тіла і нагріваються, і електризуються, а також тим, що електрична іскра може запалювати різні предмети. Нарешті було показано, що провідники електрики добре проводять тепло, а ізолятори - погано. Проте врешті-решт встановилося уявлення, що електрична невагома рідина відрізняється від теплорід.

По-перше, було показано, що тіла, наелектризовані дотиком, не нагріваються.

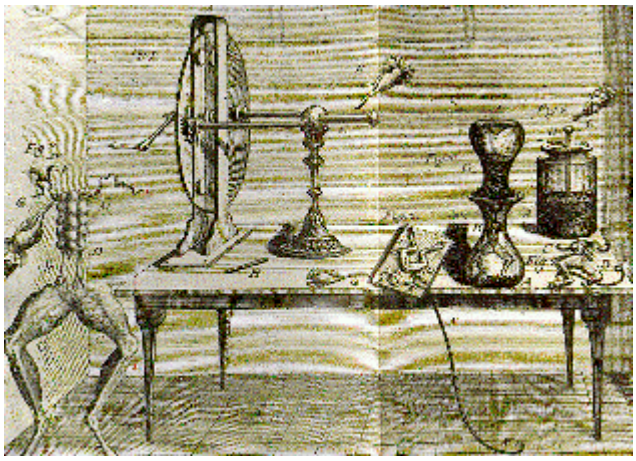
По-друге, Грей показав, що суцільні і порожнисті тіла електризуються абсолютно однаково, а нагріваються по-різному, і зробив висновок, що «теплорід» поширюється по всьому об'єму тіла, а електрична рідина поширюється по поверхні.

Таким чином, уявлення про електрику як про невагомою рідини було експериментально добре обґрунтовано на рівні можливостей фізики XVIII століття і добре вписувалося в загальну ідеологію фізики того часу.

Ми вже говорили, що в цей час найрізноманітніші явища - навіть землетрусу - намагалися пояснити електрикою, не був винятком і «нервовий механізм». У 1743 р німецький вчений Ганзен висунув гіпотезу про те, що сигнал в нервах має електричну природу. У 1749 р »французький лікар Дюфей захистив дисертацію на тему« Чи не є нервова рідина електрикою? ». Цю ж ідею підтримав в 1774 р англійський учений Прістлі, який прославився відкриттям кисню. Ідея явно носилася в повітрі.

У зв'язку з цими ідеями два напрямки експериментальних досліджень - вивчення електрики і вивчення процесів в нервах і м'язах - стикнулися між собою. З'явилася надія встановити, що процеси в нервах - процеси електричної природи. Крім того, електричні розряди широко використовувалися в цей час для роздратування нервів, скелетних м'язів або серця (лейденську банку в цих цілях використовували, наприклад Д. Бернуллі і той же Ф. Фонтана, про який ми вже говорили).

Тепер не здається дивним і випадковим, що на столі у лікаря Гальвані, який був учнем Фонтану і займався експериментальним вивченням роботи м'язів і нервів, виявилася електрична машина. Справа не в тому, що він віддавав данину моді. Машина була потрібна тому, що він, як тепер би сказали, працював не просто на передньому краї науки, а на стику двох наук: фізіології і науки про електрику.



Мал 2.2.1.Дослід Гальвані

Після всього сказаного стає незрозумілим інше: що привернуло увагу помічника Гальвані, чому скорочення м'язи при електричному розряді здалося Гальвані настільки чудовим. Адже те, що електрику діє як подразник на нерви і м'язи, було широко відомим фактом.

Справа в тому, що до спостережень Гальвані це подразнюючу дію спостерігали тільки при безпосередньому контакті зарядженого тіла з м'язом або нервом. Тут же такий контакт був відсутній.

Зіткнувшись з новим незнайомим явищем, Гальвані починає ретельно і всебічно досліджувати це явище. Він ставить найрізноманітніші досліди. Наприклад, показує, що ефект спостерігається і тоді, коли лапка жаби поміщена під дзвін насоса в безповітряний простір, коли замість електричної машини розряджається лейденська банку.

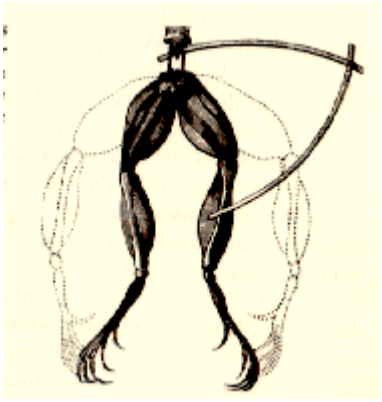
І навіть тоді, коли жаб'яча лапка включається в ланцюг між громовідводом і землею, вона скорочується в той момент, коли проскакує блискавка.

Але як не були цікаві ці досліди, ніяких принципово нових відомостей про електричні явища в живих організмах вони не давали: була виявлена ще одна форма дратівної дії електрики, але ж і фізики знали, що тіла можна електризувати без дотику, на відстані.

У 1786 р Гальвані починає нову серію дослідів, вирішивши вивчити дію на м'язи жаби «спокійного» атмосферної електрики. (До цього часу було показано, що електрика є в атмосфері і під час відсутності грози.) Зрозумівши, що лапка жаби є в деякому сенсі дуже чутливим електрометром, він вирішив спробувати виявити за її допомогою це атмосферну електрику. Повісивши препарат на решітці свого балкона, Гальвані довго чекав результатів, але лапка не скорочувалася ні за якої погоди.

І ось 26 вересня 1786 р лапка, нарешті, скоротилася. Але це сталося не тоді, коли змінилася погода, а при абсолютно інших обставин: лапка жаби була підвішена до залізної решітці балкона за допомогою мідного гачка і звисає кінцем випадково торкнулася решітки, Гальвані перевіряє: виявляється

щоразу, як утворюється ланцюг «залізо - мідь - лапка », тут же відбувається скорочення м'язів лапки незалежно від погоди. Гальвані переносить досліди в приміщення, використовує різні пари металів і регулярно спостерігає скорочення м'язів лапки жаби.



Мал.2.2.2. Досліджувальні м’язи жаби

Це вже щось нове, ніяких джерел електрики поблизу немає (немає ні машини, ні грози), а лапка жаби скорочується.

Гальвані ставить красивий дослід в дусі свого часу, коли ефектні публічні демонстрації були дуже популярні. Лапка підвішується на мідному гачку, з'єднаному зі срібною скринькою, що стоїть так, що нижня частина лапки стосується шкатулки. Лапка скорочується і відсмикує від шкатулки, від цього ланцюг розмикається, тоді лапка знову опускається, знову стосується шкатулки, знову піднімається і т. д.

Виникає, як каже Гальвані, щось на зразок електричного маятника. (Насправді ця система абсолютно аналогічна переривачу струму в електричному дзвінку, але ні струму, ні дзвінка в той час ще не було.)

Як же пояснити ці спостереження? З часів Джильберта було відомо, що метал не можна наелектризована тертям. Гальвані, як і інші вчені його часу, вважав,

що електрика не може виникати в металах, вони можуть грати тільки роль провідників.

Звідси Гальвані робить висновок, що джерелом електрики в цих дослідах є самі тканини жаби, а метали тільки замикають ланцюг.

Але навіщо в цьому ланцюзі потрібні два різних металу? Гальвані досліджує це питання і виявляє, що можна обійтися і просто шматочком мідного дроту, При використанні одного металу скорочення виникає не завжди, воно буває слабкіше, але це вже дрібна деталь. Скорочення м'язів спостерігається візуально, сила скорочення не вимірюється. Важливо, що два металу не обов'язкові, а значить і несуттєві, - міркує Гальвані.

Гальвані працював з нервово-м'язових препаратом: задній лапкою жаби з одпрепарованним нервом і збереженим шматочком спинного мозку. У першому ж вдалому досвіді, коли лапка висіла на балконі, мідний гачок був пропущений через шматочок хребта, а кінчик лапки торкнувся залізних ґрат, Гальвані вирішує, що це і є найкращі умови, і не пробує інші.

У всіх його дослідах один кінець металевої дуги стосується спинного мозку або нерва, а другий - поверхні лапки. Гальвані розвиває таку схему: м'яз лапки - заряджена лейденська банку; нерв - провід, з'єднаний з внутрішньою обкладкою банки; коли металевий провідник стосується м'язи (зовнішньої обкладки) і нерва (внутрішньої), м'яз розряджається через нерв і це викликає скорочення.

Ще чотири роки йдуть у Гальвані на всебічне дослідження відкритого явища і, нарешті, в 1791 р з'являється робота, що підводить підсумок десятирічної праці, - згаданий «Трактат про сили електрики при м'язовому русі».

Гальвані вважає своє відкриття дуже важливим для людства. Справа в тому, що, як ми вже говорили, в цей час виникали найрізноманітніші емпіричні спроби використовувати електрику для лікування хвороб, причому ці спроби не мали ніякої теоретичної бази. Гальвані був перш за все лікар і хотів лікувати людей. Він сам пише в кінці свого трактату, що в подальшому всі свої зусилля спрямує на розробку нового напряму в медицині - електромедецину.

Але він був не тільки лікар, а й вчений. Він розумів, що для розробки такого напряму дуже важливо було показати, що електричні явища не є щось чуже живим організмам, що електрику тісно пов'язане з життєдіяльністю, що «тварина електрику» за своєю природою нічим не відрізняється від електрики, що виробляється електричної машиною. Не випадково Гальвані після дослідів на жабах ставить досліди на теплокровних, показуючи, що ті ж явища можна отримати і на нервово-м'язових препаратах птахів і ссавців.

Отже, електричні явища притаманні всім тваринам, а значить і людині! Гальвані навіть дозволяє собі висловити міркування про причини деяких хвороб (наприклад, він висловлює гіпотезу, що параліч може бути пов'язаний з порушенням ізоляції нервів, і дійсно, зараз відомі хвороби, викликані цією причиною; або що епілепсія може бути пов'язана з сильним електричним розрядом в мозку , що теж виявилося в принципі вірним) і про можливе лікуванні та застосуванні електрики.

Висуваючи своє твердження про існування «тваринної електрики», Гальвані спирався також на вивчення електричних риб: в цьому випадку їх здатність виробляти електрику була доведена. Електричний скат був відомий з сивої давнини, а електричний вугор був описаний в XVII столітті після відкриття Америки. Але цих риб тоді, природно, не називали електричними, так як не знали, що їх дія на людину і тварин як-то пов'язано з електрикою.

Однак після відкриття лейденської банки, розряд якої викликав той же ефект, що і дотик до електричного ската, французький ботанік М. Адансон висунув припущення, що розряд електричних риб і розряд лейденської банки мають одну і ту ж природу.

Проверни цю гіпотезу, англійський вчений Дж. Уолш показав, що розряд електричного ската передається через провідники, але не передається через ізолятори і здійснює розряд риби через ланцюг з декількох осіб (згадайте досвід абата Нолле!), Т. Е. Отримав докази на користь електричної природи цього розряду. Нарешті, Уолш спостерігав розряд ската через наліплену на скло смужку фольги з тонким розрізом; при кожному розряді в місці розрізу проскакувала іскра. У 1776 р Г. Кавендіш, прикріпивши провідники до спини і черева ската, за допомогою бузини електроскопа виміряв створюваний ним заряд.

З електричними скатами працював і Гальвані, один з видів цих риб навіть носить його ім'я: Торпедо Гальвані. Якщо скати можуть виробляти електрику, то чому ж його не можуть виробляти будь-які м'язи? І Гальвані підкреслює в своєму «Трактаті ...» схожість електрики, що виникає при терті, атмосферної електрики, електрики скатів і відкритого їм «тваринної електрики».

Дуже цікаво, що, незважаючи на досить переконливі дані про те, що дія ската пов'язано з електричним розрядом, знаходилося багато людей, які вважали, що «тварина електрику» має відрізнятися від звичайного електрики, повинно мати якісь ознаки свого особливого походження.

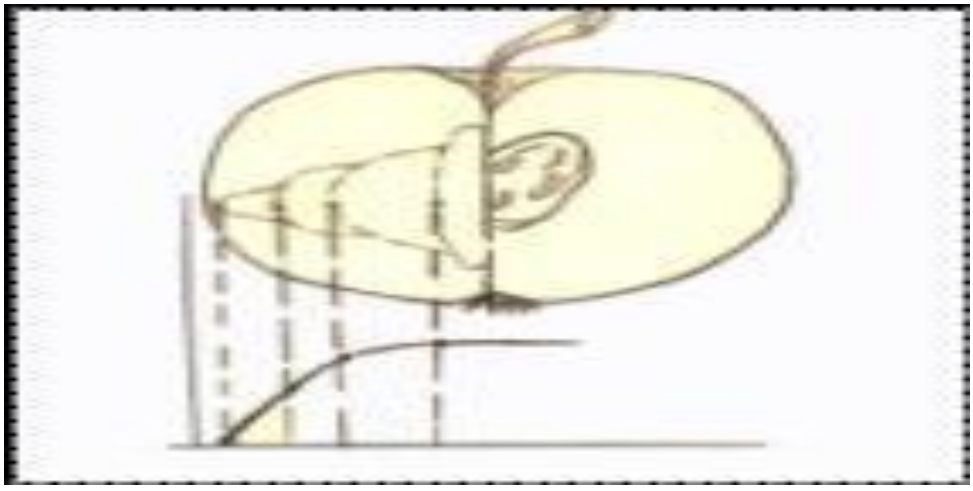
На такій точці зору стояв, зокрема, Дж. Прістлі, а більш ніж через півстоліття - Г, Деві. Ця обставина спонукала М. Фарадея зробити в 1837-1839 рр. серію спеціальних робіт, в яких він показав, що електрику від тертя, електрику від гальванічних елементів, в цей час уже відомих, і електрику риб нічим не

відрізняються один від одного. Величезний авторитет Фарадея сприяв загальним визнанням тотожності «тваринного» і звичайного електрики. [50].

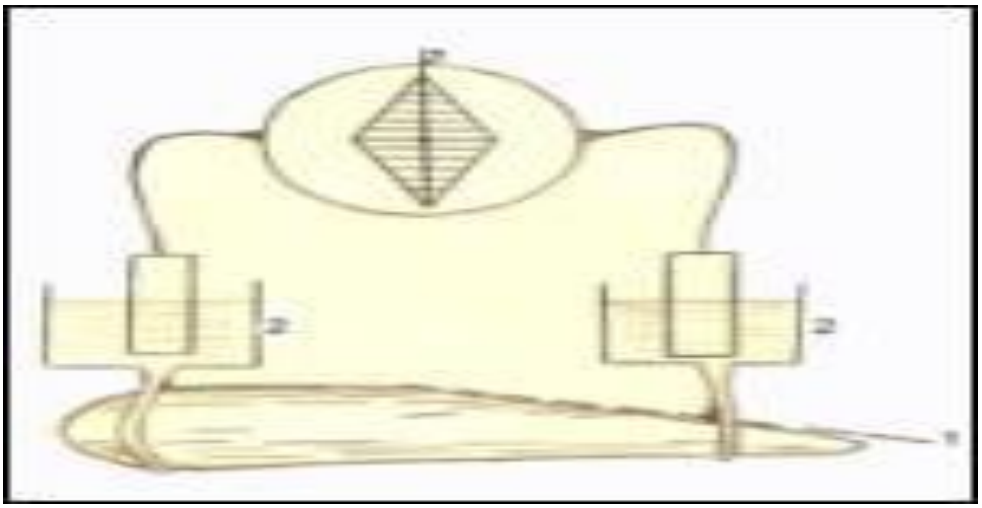
2.3 Дослід Бейтнера і Леба.

Розглянемо нестандартний досвід, поставлений в 1912 р Бейтнером і Льобом. Об'єктом цього досвіду було яблуко. Спочатку Бейтнер і Леб розрізали його навпіл і вийняли серцевину. Потім вони переконалися, що якщо обидва електроди, відведених до гальванометра, прикласти до яблуку із зовнішнього боку – до шкірці, прилад не фіксує ніякої різниці потенціалів. Якщо ж один електрод перенести у внутрішні частини м'якоті гальванометр відзначить поява струму ушкодження.

Під час вилучення частини м'якоті від центру до периферії величина потенціалів довгий час не змінюється і починає падати лише після видалення останніх шарів м'якоті, прилеглих зсередини до шкірці. Коли між електродами залишається тільки шкірка, різниця потенціалів дорівнює нулю.



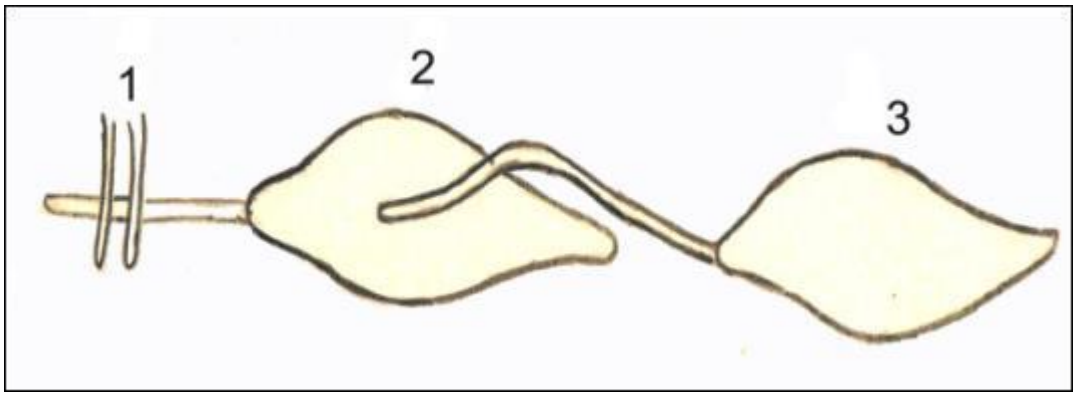
Мал.2.3.1 Досвід Бецтнера і Леба.



Мал.2.3.2 схема дослідів з вимірювання струмів пошкодження на м'язі. (1-площину зрізу; 2-електроди; 3-гальванометр)

На відміну від яблука Ньютона, яблуко Бейтнера і Леба не виявилося провісником нової ери науки, але основні особливості струмів пошкодження демонструвалися з його допомогою досить наочно. З'ясувалося, що деяка різниця електричних потенціалів існує і між різними анатомічними елементами непошкоджених органів рослин. В кінці минулого століття Кункель показав, що центральна жилка листя ряду культурних рослин каштана , тютюну , гарбуза , електропозитивний по відношенню до зеленої поверхні листа. Багатьма дослідниками відзначалися також значні різниці потенціалів між частинами квітки.

Для позначення явище подібного роду, що спостерігалися як на цілих, так і на пошкоджених органах або тканинах, використовували термін «струми спокою» – на відміну від великого класу електричних процесів, що виникають в живих тканинах під впливом різних подразників, називаних струмами дії. Токи дії спочатку були відкриті на препаратах тваринних тканин.



Мал.2.3.3 досвід Гальвані по виявленню струмів дії.
1- Подразнюючі електроди.
2,3- нервово-м'язові препарати.

Перші спроби виявлення струмів дії у рослин робилися саме на тканинах, здатних до скорочення. Токи дії в рослинних тканинах були виявлені в дослідах з черешками листя мімози , здатними здійснювати механічні рухи під впливом зовнішніх подразників. Однак найбільш цікаві результати були отримані в кінці минулого століття Бердон-Сардерсоном, досліджувати струми дії в закритих листах комахоїдного рослини – венериної мухоловки .

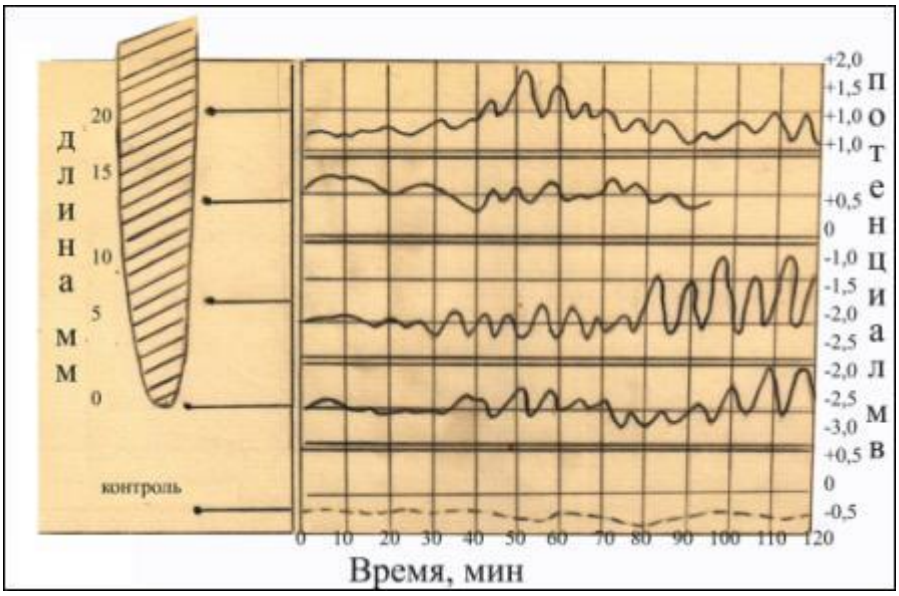
Виявилося, що в момент згортання краю листа в його тканинах виникають точно такі ж струми дії, як в м'язі при скороченні! Поступово стали накопичуватися відомості про електричні явища, що супроводжують багато процесів життєдіяльності рослин – фотосинтез, дихання. З'ясувалося, що в момент загибелі деяких рослинних тканин їх потенціали різко зростають.

Індійський дослідник Д. Бос з'єднав зовнішню і внутрішню частини зеленої горошини з гальванометром і потім нагрів її до 600С. При цьому був зареєстрований електричний потенціал 0,5 в. Ось коментарій Д. Бос: «Якщо 500 пар половинок горошин зібрати в певному порядку в серії, то кінцеве електрична напруга складе 500 В, що цілком достатньо для загибелі на електричному стільці не підозрюючій про це жертви. Добре, що кухар не знає

про небезпеку, яка йому загрожує, коли він готує це особливе блюдо, і, на щастя для нього, горошини не зливаються в впорядковані серії ».

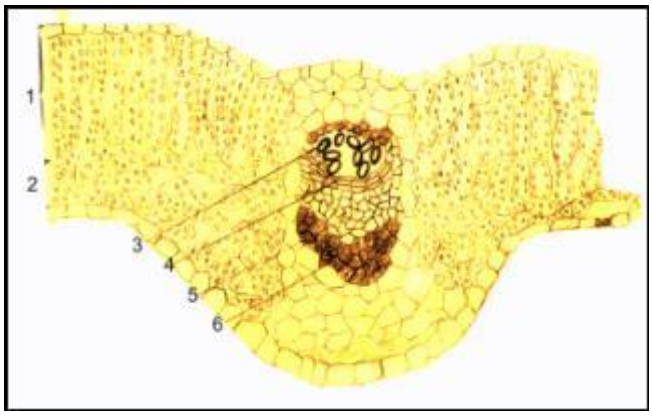
Через деякий час були відкриті електричні ритми рослин.

Якщо помістити кінчик кореня молодого бобової рослини в воду і між різними точками кореня і зовнішнім середовищем вимірювати різницю потенціалів, виявиться, що ця величина коливається з періодом 5-20 хв. причому амплітуда коливань зменшується в міру віддалення від кінчика кореня, а частота сильно залежить від температури навколишнього середовища.



Мал.2.3.4. Електричні ритми бобової рослини

Ритмічні коливання потенціалу зареєстровані у дуже багатьох вищих рослин і деяких грибів. Вони значно відрізняються за своїми часовими характеристиками. Прийнято розрізняти три типи коливань: ритмічні, поодинокі спайки і генералізовану активність. З'ясувалося, що коливання подібного роду залежать від ступеня освітленість рослини.



Мал.2.3.5 Представлені різні типи електричної активності рослинних тканин

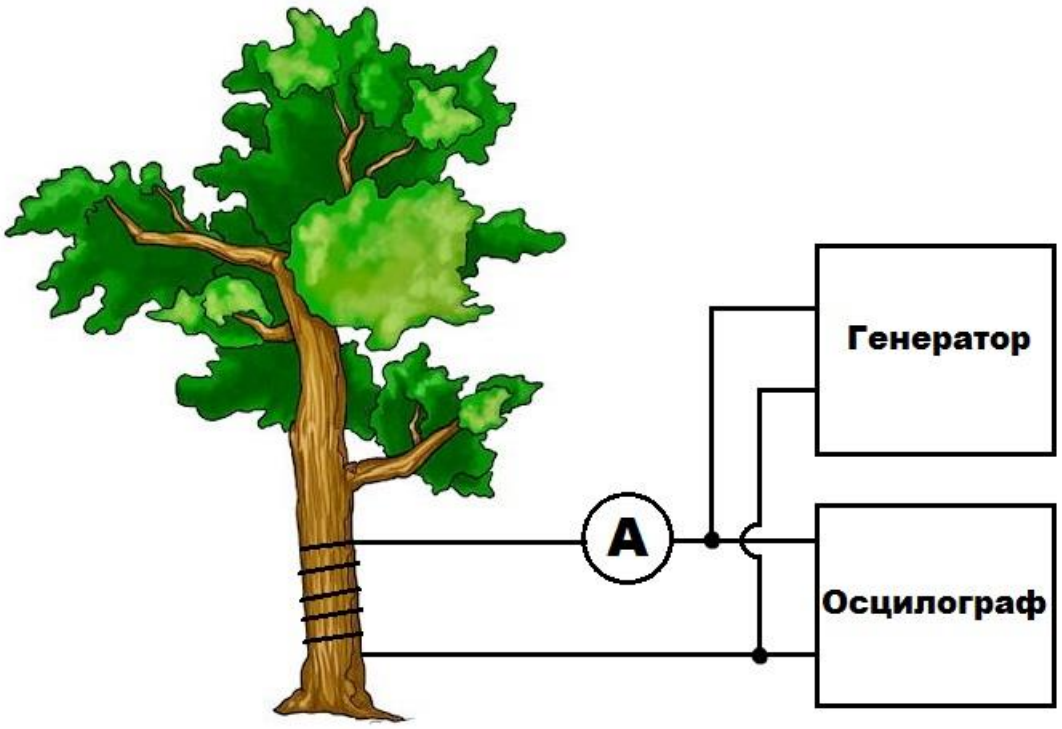
1-Ритмічні коливання;
2-Поодинокі коливання;
3-Генерализованная активність

Напрошується висновок: якщо в рослині виробляються якісь струми, значить і зовнішній, прикладений струм повинен якимось чином впливати на життєдіяльність рослин. При дії порівняно помірних за силою струмів в клітинах листа, як, виявилося, сповільнюється рух протоплазми. Збільшуючи струм, його можна зупинити зовсім, не вбиваючи при цьому тканини після зняття напруги клітини оживають, рух протоплазми відновлюється. [17,18,19].

3. Постановка експерименту

Схема експерименту полягає в наступному: на дерево встановлюється котушка з дротом в ізоляції, на яку подається сигнал з прецизійного генератора. З використанням портативного осцилографа і мілліамперметра вимірюється напруга і сила струму в ланцюзі в залежності від частоти подаються електромагнітних імпульсів.

Загальна схема експерименту зображена на малюнку 3.1.



Мал.3.1 Загальна схема експерименту

Розглянемо основні технічні характеристики застосовуваної в експериментах контрольно-вимірювальної апаратури.

Характеристики осцилографа DSO138:

максимальна частота дискретизації в реальному часі: 1 Мс

точність: 12Bit

відбір проб Буфер Глибини 1024 байт

аналогова Смуга Пропускання: 0-200 КГц

Напруга живлення: 9 В

Розмір друкованої плати: 117 * 76 мм / 4.6 * 3в

Розмір екрану: 52 * 40 мм / 2 * 1.57in

Розмір упаковки: 18 * 12.5 * 3 см / 7.08 * 4.92 * 1.18in

Зовнішній вигляд портативного осцилографа представлений на рис.3.2.



Мал.3.2 Портативний осцилограф DSO138

У першому експерименті вивчалася взаємодія дерева волоського горіха віком приблизно 20 років зі змінним електромагнітному полем. На стовбур дерева встановили котушку з параметрами:

• активний опір 10,1 Ом;

• індуктивність 0,59 мГн.

З використанням високоточного цифрового генератора на котушку подавалися прямокутні імпульси позитивної полярності з амплітудою 10 В і шпаруватістю 50%.

У другому експерименті вивчалася взаємодія дерева верби віком приблизно 10 років зі змінним електромагнітному полем.

На стовбурі дерева встановлювалася котушка з параметрами:

• активний опір 8,4 Ом,

• індуктивність 0,37 мГн.

Параметри сигналів цифрового генератора: прямокутні імпульси позитивної полярності з амплітудою 10 В і шпаруватістю 50%.

4. Результати експериментів

В результаті проведених експериментів були виміряні сила струму і напруга в ланцюзі котушки, встановленої на дереві волоського горіха віком приблизно 20 років при подачі на неї електромагнітних імпульсів з цифрового генератора.

Параметри котушки:

• активний опір 10,1 Ом,

• індуктивність 0,59 мГн.

Параметри сигналів генератора:

Прямокутні імпульси позитивної полярності з амплітудою 10 В і шпаруватістю 50%.

В результаті вимірювань, виконаних 02.04.2017 для дерева породи волоський горіх віком приблизно 20 років (широта Харкова), були визначені наступні особливості:

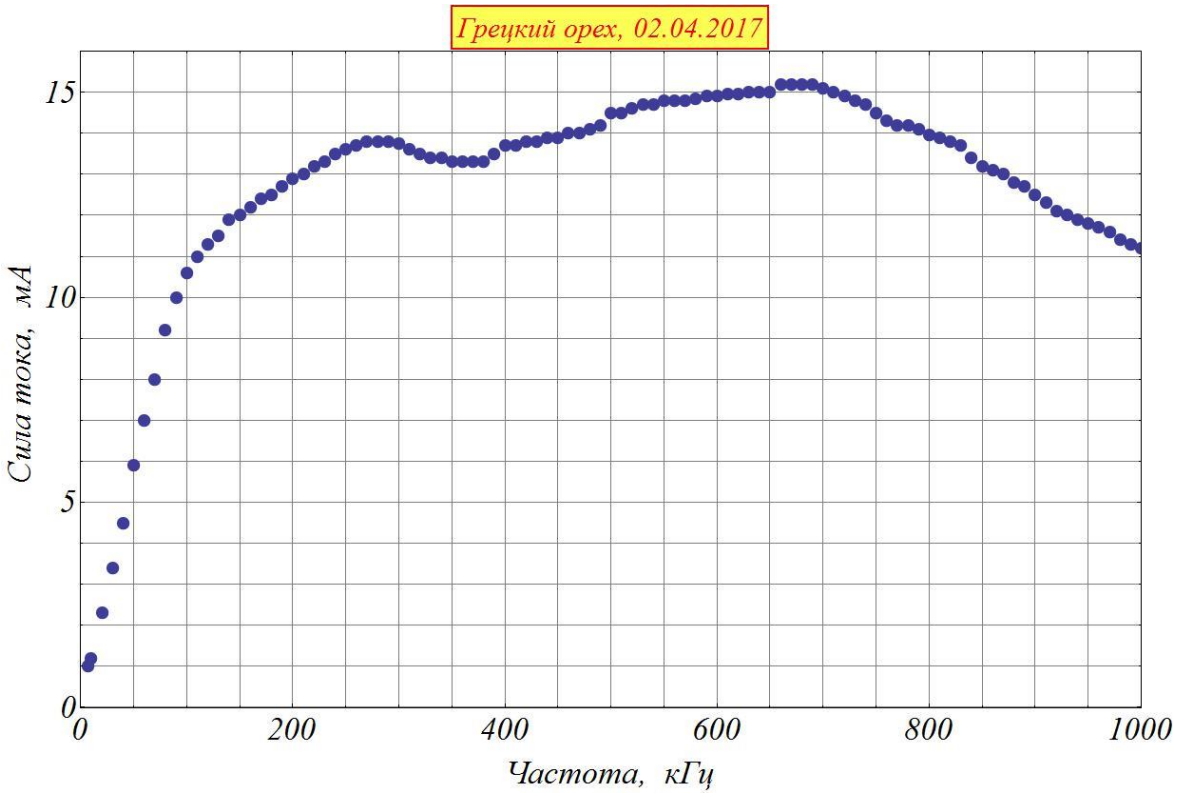
• мінімальна реакція дерева на сигнали генератора починається при частотах вище 10 кГц. На більш низьких частотах відгук практично відсутня.

• встановлено наявність чотирьох основних резонансних частот:

270-290 ц, 670-690 кГц, 1,45-1,48 МГц і 1,95-1,96 МГц.

• побудований графік залежності сили струму в котушці від частоти імпульсів в діапазоні від 1 кГц до 1 МГц.

Графік залежності представлений на мал. 4.1.



Мал.4.1. Залежність сили струму в вимірювальної ланцюга від частоти подаються електромагнітних імпульсів (експеримент №1)

Цікаво відзначити, що при повторному вимірі через 10 днів (12.04.2017) виявилося, що резонансні частоти дещо змінилися і склали 420 кГц, 830 кГц, 1,07 МГц і 1,75 МГц. Даний факт свідчить про здатність рослин перебудовувати свої основні резонансні частоти з плином часу.

У другому експерименті були виконані вимірювання залежності сили струму в котушці на стовбурі дерева верба віком приблизно 10 років від частоти задає генератора електромагнітних імпульсів.

Параметри котушки:

• активний опір 7 Ом,

• індуктивність 0,25 мГн.

Параметри сигналів генератора: прямокутні імпульси позитивної полярності з амплітудою 10 В і шпаруватістю 50%.

В результаті вимірювань, виконаних 12.04.2017 для дерева верба віком приблизно 10 років (широта Харкова), були визначені наступні особливості:

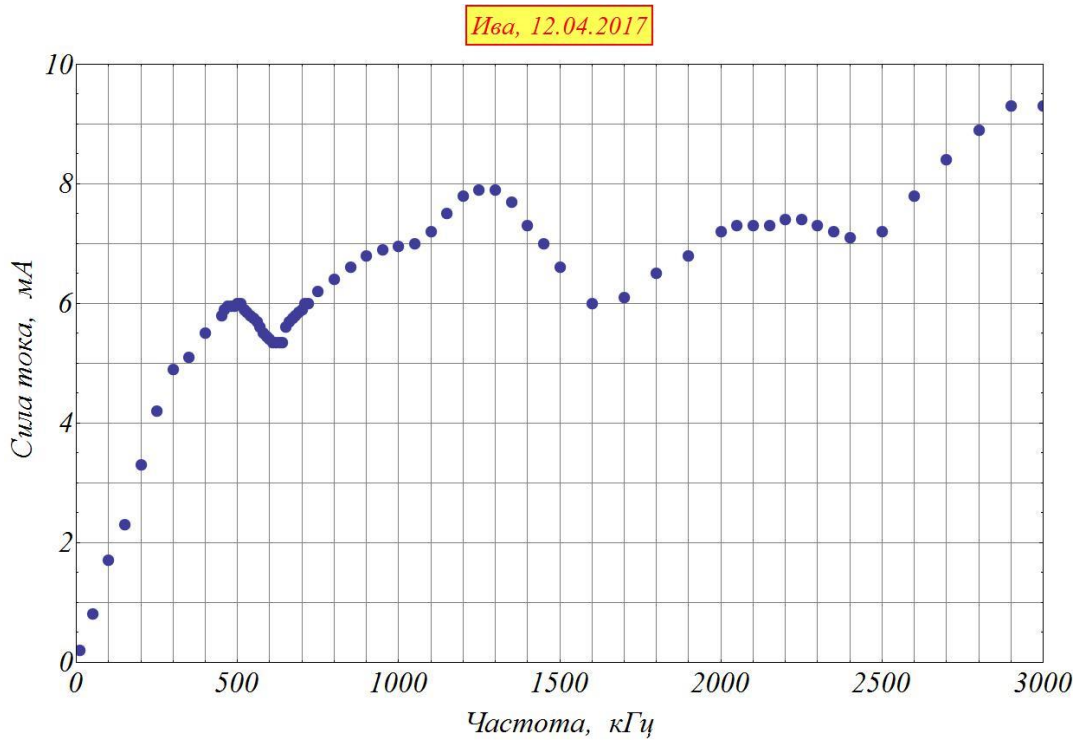
• мінімальна реакція дерева на сигнали генератора починається при частотах вище 10 кГц. На більш низьких частотах відгук практично відсутня.

• встановлено наявність трьох основних резонансних частот:

500-510 кГц, 1,25-1,30 МГц і 2,2-2,25 МГц.

• Побудовано графік залежності сили струму в котушці від частоти імпульсів до 3 МГц.

Графік залежності представлений на мал. 4.2.



Мал. 4.2. Залежність сили струму в вимірювальної ланцюга від частоти подаються електромагнітних імпульсів (експеримент №2)

5. Висновки

Вивчено науково-технічна література з електромагнетизму рослинних організмів і методи вимірювання основних характеристик електромагнітних сигналів.

Досліджено відгук ряду порід дерев на широті Харкова на електромагнітні імпульси в широкому діапазоні частот від 1 Гц до 3 МГц із застосуванням цифрового задає генератори підвищеної точності, котушки індуктивності та контрольно-вимірювальної апаратури.

Встановлено нижній поріг чутливості дерев до частоти електромагнітних сигналів, що пропускаються через котушку індуктивності на стовбурі, який становить близько 10 кГц для прямокутних, трикутних і синусоїдальних сигналів. Побудовано графіки залежності електромагнітного відгуку досліджуваних дерев від частоти задає генератора.

Визначено резонансні частоти для дерев породи волоський горіх і верба, які становлять відповідно 270-290 кГц, 670-690 кГц, 1,45-1,48 МГц, 1,95-1,96 МГц і 500-510 кГц, 1,25 -1,30 МГц, 2,2-2,25 МГц.

Розбіжність резонансних частот у різних порід дерев, виміряних ідентичними способами, свідчить про те, що вони мають індивідуальний характер і не визначаються резонансними частотами Землі або навколишньої атмосфери.

Отримані результати можуть бути використані в галузі альтернативної енергетики для посилення електромагнітних сигналів, генерації електрики, а також для управління ростом і плодоношенням рослинних організмів.

Можливо також розвиток даного напрямку досліджень для встановлення доступного електромагнітного способу обміну інформацією між людиною і рослиною.

6. Список літератури

1. Виленчук М.М. Магнитные эффекты в биологии / М.М. Виленчук – В кн.: Успехи современной биологии. – Т.63, вып.1 – М., 1967. – С. 54-72.

2. Сетлоу Р. Молекулярная биофизика / Р. Сетлоу, Э. Поллард – М.: Мир, 1964. –452 с.

3. Богатина Н.И. Возможные механизмы действия магнитного, гравитационного и электрического полей на биологические объекты, аналогии в их действии / Н.И.

Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // Электронная обработка материалов. – № 1.– 1980. – С. 64-66.

4. Болдырев Е.М. Движение частицы в постоянном магнитном поле и в поле плоской электромагнитной волны / Е.М. Болдырев // Журн. техн. физики. – Т.67, вып. 2.– 1997. – С. 94-99.

5. Сент-Дьери А. Введение в субмолекулярную биологию / А. Сент-Дьери – М.,Наука, 1964. – 398 с.

6. Уолкер Д. Слабые и электромагнитные взаимодействия: поиск в новой области энергий / Джеймс Уолкер – В кн.: Наука и человечество – М.: Знание, 1978. – С.149-154.

7. Гурвич Г. Теория биологического поля / Г. Гурвич – М., Советская наука, 1944. –276 с.

8. Горини Л. Современные проблемы биохимии / Л. Горини, В. Маас – М., «Иностранная литература», 1964. – 220 с.

9. Скотт Б. Структура и функции клетки / Б. Скотт – М., Мир, 1964. – 238 с.

10. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи.Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов / Л.А. Бессонов – М.: Высш. шк., 1984. – 559 с.

11. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электромагнитное поле.Учебник для студентов вузов / Л.А. Бессонов – М.: Высш. шк., 1978. – 231 с.

12. Демерчян К.С. Моделирование и машинный расчет электрических цепей: учебное пособие / К.С Демерчян – М.: Высш. шк., 1988. – 335 с.

13. Зайцев Е.В. Некоторые вопросы регистрации магнитных полей биологических объектов / Е.В Зайцев, П.С. Вахнован // Электронная обработка материалов. – № 6.– 1971. – С. 58-63.

14. Акерман Ю. Биофизика / Ю. Акерман – М.: Мир, 1964.

15. Аристархов В.М. Физико-химические основы первичных механизмов биологического действия магнитного поля / В.М. Аристархов, В.П. Цыбышев, Л.А. Пирузян – В кн.: Реакции биологических систем на магнитные поля. – М.: Наука, 1978. –С. 6.

16. Nakazawa. Protoplasma, 53, No, 1, 1961.

17. Иноземцев В.П. Влияние электромагнитных волн УВЧ на организм и воспроизводительную функцию коров / В.П. Иноземцев, И.И. Балковой, В.В. Сочнев, П.И.Лопарев, А.Г Самоделкин // Ветеринария. – № 12. – 1995. – С. 36-39.

18. Короткевич О.С. Влияние высокочастотного ультразвука на подвижность и абсолютную выживаемость спермы хряков / О.С. Короткевич, В.С. Антонюк – В кн.:Производство продуктов животноводства в условиях интенсивных технологий. –Новосибирск. – 1990. – С. 91-93.

19. Новиков В.В. Электромагнитная биоинженерия / В.В. Новиков // Биофизика. –Т.43., вып.4. – 1998. – С. 588-593.

20. Арбер С.Л. О механизме биологического действия электромагнитного поля на клетку / С.Л. Арбер, В.Р. Файтельберг-Бланк // Электронная обработка материалов.– № 6. – 1974. – С. 67-70.

21. Биология. Справочник абитуриента. Филологическое общество «Слово», ООО Центр гуманитарных наук при факультете журналистики МТУ им. М.В. Ломоносова, М.: Фирма «Издательство АСТ», 2000. – 638 с.

22. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей / В.В. Леднев // Биофизика. – Т.41., вып.1. – 1996. – С. 224-231.

23. Макеев В.М. Стохатический резонанс и его возможная роль в живой и неживой природе / В.М. Макеев // Биофизика. – Т.38., вып. 1. – 1993. – С. 194-200.

24. Сент-Дьери А. Введение в субмолекулярную биологию / А. Сент-Дьери – М.,Наука, 1964. – 398 с.

25. Чижевский А.Л. Земля во вселенной / А.Л. Чижевский – М.: Мысль, 1964.

26. Васильев Б.Д. Земля во вселенной / Б.Д. Васильев – М.: Мысль, 1964.

27. Куценко А.Н. Подготовка промышленных вод электромагнитным методом / А.Н.Куценко, Р.Д. Тлиш – Люберцы, ВИНИТИ, 1997. – 210 с.

28. Тлиш Р.Д. Влияние электромагнитных полей на изменение свойств воды, используемой при консервировании сельскохозяйственной продукции .

Повышение эффективности электрификации сельскохозяйственного производства / Труды КГАУ. – Вып. 360 (388) – Краснодар, 1997.– С 99-102.

29. Чернова Л.К. О роли электрических и магнитных полей в жизнедеятельности биологических объектов / Л.К. Чернова // Электронная обработка материалов. – №3. – 1965. – С. 64-70.

30.Белановский А.С. Основы биофизики в ветеринарии: учебное пособие / А.С. Белановский – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 271 с.

30. Григорьев В.С. Метод электромагнитной стимуляции живых организмов и растений / В.С. Григорьев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 1. –2002. – С. 18-22.

31. Курзин Н.Н. Новые электромагнитные устройства для АПК / Н.Н. Курзин, // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе / Сб. науч. тр., СГСХА. – Ставрополь, 2003. – Т. 1. – С. 57-62.

32. Курзин Н.Н. Моделирование электроимпульсного воздействия при профилактике и лечении мастита / Н.Н. Курзин, Л.А. Дайбова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 5. – 2003. – С 14-22.

33. Курзин Н.Н. Новые электромагнитные устройства сельскохозяйственного назначения / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 6.– 2004. – С 20-22.

34. Курзин Н.Н. Влияние электромагнитных полей на биологические системы растительного и животного происхождения / Н.Н. Курзин, // Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК / Труды КГАУ. –Краснодар, 2005. – Вып. 420 (150) – С 297-300.

35. Курзин Н.Н. Оценка воздействия внешних электромагнитных полей на процессы стимулирования биологических объектов / Н.Н. Курзин, // Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК / Труды КГАУ. –Краснодар, 2006. – Вып. 421 (151) – С 180-184.

36. Курзин Н.Н. Инструментальная оценка воздействия электромагнитных полей на биообъекты / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. –№ 11. – 2006. – С 11-12.

37. Курзин Н.Н. Применение импульсных электромагнитных полей для массажа вымени животных / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 8. – 2007. – С 29.

38. Курзин Н.Н. Влияние электромагнитных полей на биологические объекты в животноводстве / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сельского хозяйства.– № 1. – 2008. – С 55.

39. Курзин Н.Н. Применение цифровых процессоров для инструментальной оценки воздействия электромагнитных полей на объекты растительного и животного происхождения / Н.Н. Курзин // Труды КГАУ. – Краснодар, 2008. – Вып. № 1 – С 215-220.

40. Курзин Н.Н. Электротехнологические методы и средства повышения эффективности искусственного осеменения коров и восстановления их молочной продуктивности _____/ Н.Н. Курзин // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Краснодар, 2009. – 266 с.

41. Свиридова Т.Г. Действие электростимуляции на физико-химические свойства эритроцитов животных / Т.Г. Свиридова, В.А. Воронцов, А.Б. Хайруллина и др. //Ветеринария. – № 3. – 1990. – С. 56-58.

42. Середин В.А. Биологическая система стимуляции воспроизводства в скотоводстве / В.А. Середин // Вестник ветеринарии. – № 2. – 1997. – С. 10-20.

43. Фомченков В.М. Теоретическая модель высокочастотной релаксации электроориентации бактериальных клеток / В.М. Фомченков, А.И. Денесюк // Электронная обработка материалов. – № 2. – 1980. – С. 65-70.

44. Чернова Л.К. О роли электрических и магнитных полей в жизнедеятельности биологических объектов / Л.К. Чернова // Электронная обработка материалов. – №3. – 1965. – С. 64-70.

45. Тумерман Л.А. О сущности жизни / Л.А. Тумерман – М.: Наука, 1964. –255 с.

46. Рубин А.Б. Биофизика. Книга 1. Теоретическая биофизика / А.Б. Рубин – М.:Высш. шк. – 1987. – 319 с.

47. Курзин Н.Н.Механизм воздействия внешних электромагнитных полей на процессы стимулирования активности биологических объектов. Научный журнал КубГАУ, №108(04), 2015 года

48. Дмитриевский И.Л. Космофизические корреляции в живой и неживой природе, как проявление слабых возмущений / И.Л. Дмитриевский // Биофизика. – Т.37., вып.4. – 1992. – С. 674-679.

49. Рубин А.Б. Биофизика. Книга 2. Биофизика клеточных процессов / А.Б. Рубин – М.: Высш. шк. – 1987. – 303 с.

50. Беркинблит М.Б., Глаголева Е.Г. Электричество в живых организмах. М.: Наука, 1988. 98 с.

51. Патури Ф. Растения гениальные инженеры природы. - М.: Прогресс, 1979.

52. Аужанова Н.Б. Электрические явления в растениях. Методическое пособие для студентов. – Алматы: Дайыр баспа, 2014. – 29 с., ил.

53.Галактионов С.Е.,В.М.Юрин. Ботаники с гальванометром. М.: Знание, 1979.