На правах рукописи

ШИРОНОСОВ Валентин Георгиевич

РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДИССИПАТИВНЫХ НЕРАВНОВЕСНЫХ СРЕД И ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ

05.11.13 − Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

05.11.14 – Технология приборостроения

по физико-математическим и техническим наукам

Ижевск-2009

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

В последние годы отмечается устойчивая тенденция по увеличению количества разрабатываемых приборов и методов контроля диссипативных неравновесных сред и веществ, имеющих времена релаксации от 10^{-12} секунд до нескольких суток и более – многочисленных приборов ЭДС, pH- и ОВП-метрии; спектрофотометров; хемилюминометров; спектрометров и томографов (СВЧ, КВЧ, ЯМР, ЭПР, УЗИ, УФ, МРТ, КТ, ПЭТ). Конкретными примерами таких разработок являются: ИК-спектрометр “Икар” с Фурье преобразованием для изучения сверхслабых неравновесных водных растворов солей (патент РФ № 2162226), прибор “ИГА-1” и прибор Зенина С.В. (патент РФ № 2109301) для измерения сверхслабых электромагнитных полей, хемилюминометр “Lum-5773” для регистрации слабых и сверхслабых световых потоков, сопровождающих химические и биохимические реакции (хемилюминесценция, биолюминесценция). Данная тенденция обусловлена научно-техническим прогрессом, приведшим к появлению многочисленных прикладных задач с нелинейными неравновесными системами (ННС) из-за освоения и широкомасштабного использования сверхмощных источников излучения и энергии, технологий и устройств с нелинейными неравновесными свойствами.

К нелинейным неравновесным системам, как правило, относят диссипативные неравновесные среды и вещества (НСВ), находящиеся в неравновесном термодинамическом состоянии, а также нелинейные неравновесные системы, с конечным числом степеней свободы (ННСК), не имеющие равновесного устойчивого состояния в выделенной области фазового пространства в статике, но имеющие устойчивое динамическое состояние при наличии внешнего возмущения. Перевод нелинейных систем в неравновесное состояние может быть осуществлен тем или иным физическим, химическим или биологическим воздействием.

Типичными примерами неравновесных сред и веществ являются: ионизированные газы, воздух, жидкости, автоколебательные химические реакции типа Белоусова-Жаботинского; парамагнетики, ферромагнетики, диэлектрики в условиях магнитного, электрического резонансов. Примерами нелинейных неравновесных систем, с конечным числом степеней свободы являются: атомарные ловушки, динамические системы типа маятника Капицы, Челомея, магнитные, электрические и диэлектрические подвесы с и без обратной связи. Последние нашли применения не только при разработке новых датчиков и средств контроля, но и для физического и математического моделирования (численного и аналогового) процессов, происходящих в неравновесных средах.

Попытки разработать методы и средства контроля неравновесных сред и веществ на основе нелинейных явлений с самого начала столкнулись с серьезными математическими и физическими проблемами.

Математическая проблема состояла в отсутствии общей теории колебаний и малого параметра для существенно нелинейных систем, и в появлении “странных” особенностей, таких как аттрактор, хаос, при рассмотрении и численном моделировании даже достаточно простых модельных систем. Основная физическая проблема заключалась в стереотипности мышления, в привычке рассуждать в рамках общепринятых равновесных моделей для физических задач и в отсутствии доступной обобщенной физической модели для нелинейных систем. Поэтому нелинейный резонанс старательно обходили через линеаризацию задач, особенно при решении прикладных и теоретических задач для неравновесных сред, находящихся в неравновесном термодинамическом состоянии.

В настоящее время ситуация существенно изменилась. Многочисленные необычные нелинейные явления, обнаруженные при исследовании возбужденных (активированных) неравновесных жидкостей, газов, частиц и твердых веществ, потребовали своего объяснения и анализа возможностей их применения для разработки новых приборов и методов контроля природной среды, веществ, материалов и изделий. Но все попытки использования результатов исследований и измерений свойств и параметров неравновесных сред, полученных с помощью средств контроля, разработанных на основе линейных теорий без учета нелинейностей, приводили к абсурдным противоречивым выводам, к некорректной постановке экспериментов и интерпретации наблюдаемых явлений. Особенно ситуация обострилась с обнаружением и

непониманием многочисленных сильных проявлений сверхслабого воздействия различных полей, излучений и факторов на биологические системы и жидкости. К ним, в частности, следует отнести: "аномальность" значений окислительно восстановительного потенциала (ОВП) и концентрации водородных ионов (pH) для жидкостей при электролизе; многочисленные особенности, наблюдаемые при регистрации нелинейного ферромагнитного резонанса (НФМР);

Понадобилось длительное время (с XVII по XXI век), чтобы стало ясным: идеи линеаризации абсолютно неприменимы для решения возникших нелинейных задач, проблем и явлений, для разработки средств контроля неравновесных сред и высокоэкономичных “high technology”, в том числе и для экологии. Данная ситуация усугубилась научно-техническим прогрессом, приведшим не только к резкому росту численности населения, но и к радиационно-химическому загрязнению окружающей среды, воздуха, воды, ухудшению экологической обстановки, мутации микроорганизмов, росту числа заболеваний, эпидемий, ослаблению иммунитета.

Прогресс не остановить, поэтому необходимо в ближайшее время, повысить эффективность и безопасность применяемых технологий и устройств, адаптироваться к изменившимся природным условиям. Эта задача особенно актуальна для систем экологической безопасности и мониторинга окружающей среды, так как процесс адаптации человека связан с болезнью, гибелью и является длительным, а процесс адаптации, мутации, появления и распространения новых простейших микроорганизмов, вирусов по времени на порядки короче. В быстроизменяющейся ситуации изобретение новых лекарственных препаратов против новых вирусов и загрязнений происходит с большим запаздыванием и практически обречено на провал. Новые лекарства, как правило, приводят к дальнейшему ослаблению иммунитета и непрогнозируемым отдаленным последствиям.

В процессе длительных исследований было доказано, что физические и биологические системы относятся к нелинейным неравновесным системам с многоуровневой резонансно-структурной организацией. И в этом смысле сегодня наблюдается возврат к классике. Появилось понимание того, что устойчивость окружающего нас мира и его эволюция обусловлены нелинейными процессами и резонансом, и то, что резонанс является наиболее устойчивым состоянием движения в природе. Резонансные механизмы, устройства и резонансные технологии имеют КПД ~100 % и являются наиболее оптимальными и перспективными для техники и производства, для разработки и построения систем жизнеобеспечения, неразрушающего контроля практически без загрязнения окружающей среды.

Поэтому в ряде стран начали интенсивно развивать новые технологии, методы контроля, диагностики, профилактики и лечения на основе использования неравновесных сред и нелинейных резонансных систем. Основой новых методов стало – лечение подобного подобным – использование активированных сред (переведенных в неравновесное термодинамическое состояние): вода – воздух для построения высокоэффективных систем экологической безопасности и мониторинга для повседневного применения. К ним, в первую очередь, следует отнести системы контроля параметров питьевой воды, воздуха, водных растворов высшего качества, обеспечивающих резкое поднятие иммунитета, и системы их приготовления. Такие системы позволят обеспечить широкомасштабную профилактику, лечение сложнейших заболеваний с минимальным применением лекарственных препаратов и проводить экспресс-диагностику заражения воды, воздуха, крови, биологических систем.

Многочисленных исследований доказали, что существующие стандарты оценки качества и свойств неравновесных сред – воды и воздуха являются несовершенными и не учитывают множество параметров, которые характеризуют их физическую, химическую и биологическую активность и полезность. На физиологические свойства воды влияют не только ее химический состав и степень очистки, но и целый ряд других комплексных физических параметров, которые характеризуют воду как сложную нелинейную систему, находящуюся в неравновесном термодинамическом состоянии с собственным характерным излучением и собственными структурными микрокластерами.

Получение неравновесных сред, в частности активированной воды, воздуха, и регистрация их параметров может быть осуществлена различными физическими, химическими или биологическими способами. Основные теоретические и методические положения неравновесных систем подробно исследованы и освещены в работах ученых Пуанкаре А., Четаева Н.Г.,

Мандельштама Л.И., Папалекси Я.Д., Пригожина И.Р., Курдюмова С.П., Блехмана И.И., Девяткова Н.Д., Голанта М.Б., Бецкого О.В., Алехина С.А., Бахира В.М., Прилуцкого В.И. и др.

Значительный вклад в развитие этих методов внесли научные коллективы ряда высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов, а также известные ученые Гордецов А.С., Каргаполов А.В., Зубарева Г.М., Зенин С.В., Кравченко Ю. П. и др.

Предложенные на основе их исследований технологии и установки для активации и контроля неравновесных сред (электрохимически активированные слабоминерализованные водные растворы, мм-резонансная терапия, диагностика, аэроионизация) базируются на эмпирическом подходе и ориентированы на узкий круг задач. Такой подход удобен для неравновесных систем в областях малых воздействий и при наличии малых параметров, но является не эффективным и затратным при реализации практических схем в зонах нелинейного параметрического резонанса с существенными нелинейностями и при широкомасштабном внедрении в производство. Кроме того, при его практическом применении возникают серьезные проблемы с интерпретацией наблюдаемых явлений и прогнозированием дальнейших технических путей решений обозначенных проблем.

Единственный выход из создавшейся ситуации, это разработка средств контроля неравновесных сред и новых резонансных высокоэффективных технологий и устройств на основе комплексного подхода – сочетания нелинейной теории, эксперимента и практики.

Разработка технических решений для неравновесных сред на базе созданных теоретических положений и нелинейных явлений и их внедрение в народное хозяйство будет существенным вкладом при создании новых технологий приборостроения, систем энергетики и систем экологической безопасности и мониторинга для предупреждения техногенных катастроф, ЧС на промышленных и жизнеобеспечивающих объектах. Поэтому тема исследования является актуальной как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Объектом исследования являются процессы, происходящие в нелинейных неравновесных системах для исследования и контроля свойств и параметров неравновесных сред и веществ.

Предметом исследования являются теория, методы, модели, алгоритмы, нелинейные явления и устройства активации, регистрации, извлечения и обработки информации в нелинейных неравновесных системах.

Целью работы является разработка методов и средств контроля неравновесных сред и веществ на основе нелинейных резонансных явлений, повышение эффективности и безопасности экологических систем.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие ***основные задачи*:**

1. Разработка основ теории неравновесных систем в области нелинейного параметрического резонанса, не содержащих в явном виде малый параметр.
2. Моделирование (математическое – символьное и численное, аналоговое, физическое) динамики нелинейных систем, не содержащих в явном виде малый параметр, в области нелинейного параметрического резонанса.
3. Разработка теоретических основ методов и средств контроля неравновесных сред и веществ на основе нелинейных резонансных явлений и нелинейного параметрического резонанса.
4. Исследование, выявление и анализ особенностей регистрации свойств и параметров процессов, происходящих в нелинейных неравновесных системах: твердое тело (нелинейный ферромагнитный резонанс), жидкость (электролиз), воздух (аэроионизация). Исследование влияния контактно и бесконтактно активированных жидкостей, воздуха на физические, химические и биологические процессы.
5. Разработка устройств и способов для получения, регистрации свойств и параметров неравновесных сред: контактно и бесконтактно активированных жидкостей; биологически активной питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества; ионизированного воздуха;
6. Разработка устройств и способов для получения, регистрации свойств и параметров неравновесных конденсированных сред – нового класса твердых веществ на основе бесконтактной активации жидкостей.

7. Разработка универсального комплекса "Икар-Тест" для бесконтактной экспресс-диагностики крови, водных растворов и регистрации динамики физических, химических и биохимических процессов.
8. Разработка универсального, компактного, передвижного лечебно-профилактического диагностического АВИК-комплекса (Аэро-, Водо-, Ионо-, Квч-терапия) с методиками для профилактики, лечения и диагностики.
9. Разработка систем экологической безопасности и мониторинга на основе устройств активации и контроля нелинейных неравновесных сред, обеспечивающих повышение безопасности и КПД технологий.

Методы исследования. Для решения поставленных в работе задач использованы методы нелинейной классической теоретической и экспериментальной физики, электрохимии, биологии и медицины (клинические исследования), моделирование − математическое (символьное, численное), аналоговое и физическое.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается корректностью использования математического аппарата, соответствием данных моделирования и выводов, полученных по итогам теоретического моделирования, результатам обработки данных экспериментальных научных исследований, и подтверждена авторскими свидетельствами и патентами на предлагаемые способы и устройства, серийным выпуском бытовых и промышленных систем экологической безопасности и мониторинга.

Научная новизна работы состоит в обосновании нового методологического, теоретического и практического подхода к разработке приборов и методов контроля неравновесных сред и веществ на основе нелинейных явлений. На основе предложенного подхода получен ряд принципиально новых научных и прикладных результатов в области резонансного воздействия полей на нелинейные физические и биологические системы:

1. Впервые разработаны алгоритмы, программное обеспечение “OPUS” и метод, позволяющие в аналитическом виде, с необходимой степенью точности, находить области динамической устойчивости неустойчивых состояний сложных многокомпонентных нелинейных систем физической природы вне и в условиях резонанса (1988).

2. Впервые (1974) теоретически и экспериментально (для макротел) продемонстрирована возможность резонансного удержания тел и частиц (от элементарных до макро) в неоднородных электромагнитных полях без внешней обратной связи; (1984) теоретически решена проблема “$1/R^3$” и доказана возможность возникновения резонансных микрокластеров (РМ) – устойчивых резонансных состояний движений в системе из двух и более осциллирующих диполей за счет нелинейного параметрического резонанса и сверхкогерентного излучения (СИ) от РМ; обосновано теоретически (1984, 1999) и открыто экспериментально (2007) образование уединенных вихрей в неравновесных средах.

3. Выяснены особенности регистрации нелинейных явлений в незакрепленных образцах монокристаллов ферритов. Впервые экспериментально обнаружен ряд пондеромоторных эффектов в условиях нелинейного ферромагнитного резонанса (НФМР) на незакрепленных образцах. Выявлено их первостепенное влияние и значение для объяснения многочисленных особенностей НФМР, магнитоакустического резонанса (МАР) и решения задач макроскопической электродинамики, по сравнению с обычной трактовкой особенностей НФМР на основе модели обменного и дипольного взаимодействий со стороны решетки.

4. Исследовано (1990-2009) влияние неравновесных сред (вода, воздух) на ход физических, химических и биологических процессов (проращивание семян, разведение рыб из икринок, клеток, форменных элементов крови, при лечении больных). Впервые экспериментально обнаружено явление бесконтактной активации жидкостей (БАЖ) при электролизе без диафрагмы (1999), при химических (2002) и биохимических (2004, 2006) реакциях, подтверждающее существование РМ.

5. Разработаны методы и приборы для получения неравновесных сред на основе электролиза с диафрагмой и без нее; получения новых твердых веществ на основе бесконтактной активации жидкостей.

6. Предложены методы и принципы создания новых датчиков и приборов для контроля природной среды, свойств веществ, материалов, параметров электромагнитных полей и

нанотехнологий на основе нелинейных явлений, дипольного и квадрупольного резонанса, резонансного удержания тел и частиц (от элементарных до макро) в неоднородных электромагнитных полях без внешней обратной связи.

7. Впервые разработан метод исследования неравновесных сред и веществ на основе явления бесконтактной активации жидкостей (БАЖ) при электролизе без диафрагмы, при химических и биохимических реакциях. Разработаны датчики и средства для детектирования, регистрации свойств и параметров неравновесных сред и веществ, визуализации кластерной структуры жидкостей на основе методов ЭДС-метрии, СВЧ – спектроскопии, спектрофотомерии и УЗИ - Доплер томографии.

8. Разработан универсальный комплекс с программным обеспечением для бесконтактной экспресс-диагностики заражения крови, воды и регистрации динамики химических, биохимических и физических процессов в водных растворах.

9. Разработаны системы экологической безопасности и мониторинга, установки, электроактиваторы, резонансные блоки питания и налажено их серийное производство для получения неравновесных конденсированных сред: биологически активной питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества на основе контактно и бесконтактно электроактивированных неравновесных жидкостей, ионизированного воздуха; для диагностики, профилактики и лечения различных заболеваний.

10. Разработаны лабораторные работы, учебно-методические стенды и курсы для получения, исследования и регистрации свойств и параметров неравновесных конденсированных сред для школ и вузов.

Новизна технических решений подтверждена патентами, авторскими свидетельствами на изобретения и серийным производством приборов и устройств [1-8].

Практическая ценность результатов исследования заключается в:

- разработанном специализированном системном и прикладном программном обеспечение для моделирования динамики неравновесных систем в условиях нелинейного параметрического резонанса;

- устройствах для получения и регистрации параметров неравновесных сред (вода, воздух) на основе нелинейных явлений в системах экологической безопасности и мониторинга, признанных изобретениями;

- применении разработанных теоретических и практических основ при создании специализированных систем, таких как устройства и комплексы для получения новых веществ, биологически активной питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества, биологически активных растворов для инфузий, контроля загрязнения окружающей среды и регистрации динамики химических, биохимических и физических процессов в водных растворах в реальном масштабе времени;

- применении указанных систем на реальных промышленных и бытовых объектах.

Результаты работы внедрены в:

- серийное производство установок экологической безопасности и мониторинга “Изумруд-СИ” (мод.01, 01os, 01-300, 02, 03, 04c, 04uni, n-m-l), “ЛЧ-1” (мод.01, 02, 03), "Влада"(мод.3.1, 3.2, 3.3) на ряде предприятий (ЗАО НИЦ “Икар” - г. Ижевск, ОАО "Дальприбор" - г. Владивосток);

- лечебно-профилактические, исследовательские, офисные и производственные учреждения России и ряда зарубежных стран;

- учебный процесс при обучении студентов различных факультетов в Удмуртском государственном университете, Кубанском государственном аграрном университете.

На защиту выносятся:

1. Методы и принципы построения математических моделей неравновесных сред и основ теории неравновесных систем в области нелинейного параметрического резонанса, не содержащих в явном виде малый параметр.

2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований неравновесных сред и их влияния на физические, химические и биологические процессы.

3. Принципы построения и разработка физических методов и датчиков для регистрации свойств и параметров неравновесных конденсированных сред, веществ на основе нелинейных резонансных явлений.

4. Методы и принципы построения автоматизированной системы "Икар-Тест" для бесконтактной экспресс-диагностики заражения крови, водных растворов и регистрации динамики физических, химических и биохимических процессов.

5. Принципы построения и разработки устройств и способов для получения неравновесных сред и контроля их параметров – электроактивированных жидкостей: биологически активной питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества.

6. Принципы построения и разработки устройств и способов для получения неравновесных конденсированных сред и контроля их параметров – нового класса твердых веществ на основе бесконтактной активации жидкостей.

7. Принципы построения и разработки устройств и способов для получения неравновесных газообразных сред.

8. Универсальный, компактный, передвижной лечебно-профилактический АВИК-комплекс (Аэро-, Водо-, Ионо-, Квч-терапия) с методиками для диагностики, профилактики и лечения с гарантией.

9. Результаты экспериментальной апробации и оценка эффективности применения систем экологической безопасности и мониторинга на основе неравновесных сред в различных отраслях народного хозяйства и для серийного производства.

Работа выполнялась в ряде учреждений СССР и РФ (УПИ им. С.М. Кирова – кафедра теоретической физики физико-технического факультета; ФТИ УрО АН СССР – отдел теоретической физики; Удмуртский государственный университет – кафедра Биомедфизики и Учебно-научный центр “Резонансные технологии”; ЗАО Научно-исследовательский центр “Икар”) в соответствии с планами ЗАО Научно-исследовательского центра “Икар” и тематикой Удмуртского государственного университета, координационными планами ГКНТ СССР (постановление № 508 от 9.04.1991); ИПМ им. М.В. Келдыша РАН (АН СССР); в соответствии с планами ИжГСХА, ИжГМА, ИжГТУ, РОЦ по созданию алгоритмов, программ, устройств, резонансных технологий для неравновесных систем, а также на основе хоздоговорных тематик с различными учреждениями, институтами и странами.

Апробация работы. Теоретические и практические результаты работы докладывались, обсуждались и демонстрировались на семинарах АН СССР и РАН – ИФМ УНЦ, ИАЭ им. И.В. Курчатова, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, М.И. Стеклова, Механики МГУ, МГУ им. М.В. Ломоносова, Общемосковском семинаре В.Л. Гинзбурга, ФИ им. П.Н. Лебедева, ИПМ им. М.В. Келдыша, Международных и Всероссийских конференциях, симпозиумах, конгрессах, выставках, салонах изобретений и инноваций и опубликованы в материалах и трудах: Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений (Харьков, 1979); XVIII Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений (Калинин, 1988); IV International conference on computer algebra in physical research (Dubna, 1990); 22-й Международный салон изобретений (Швейцария, Женева, 1994); I, II, III Международный симпозиум “Электрохимическая активация в медицине, с/х, промышленности” (Москва, 1997-2002); IV, VI Российская университетстко-академическая научно-практическая конференция (Ижевск, 1999, 2004); Международное совещание "Жизнь и факторы биогенеза" (Ижевск, 1999); VII-й Международный симпозиум. Информационно-технологическое и медицинское обеспечение защиты населения и окружающей среды в чрезвычайных ситуациях (Кипр, Проторас, 2000); Российская научно-практическая конференция “Энергосбережение, экология, эффективность” – “ЭЭЭ’2002” (Ижевск, 2002); XIII Международный симпозиум “Международный год воды 2003” (Австрия, 2003); Международная выставка “Нефть. Газ. Химия” (Ижевск, 2003); Внутривузовская выставка “Высокопроизводительные вычисления и технологии” (Ижевск, 2003); Всемирный Салон инноваций "Брюссель - Эврика 2003" (Бельгия, Брюссель, 2003); Выставка продукции промышленных предприятий республики для нужд отрасли МПС (Ижевск, 2003); IV Международная конференция "Химия высокоорганизованных веществ и научные основы нанотехнологии" (С.-Петербург, 2004); 32-й Международный салон изобретений (Швейцария, Женева, 2004); VII Международодный салон промышленной собственности "Архимед" (Москва, 2004); Международная выставка “Перспективные технологии для нефтегазовой отрасли” (Ижевск, 2005); Всероссийская выставка, приуроченная к рабочему совещанию консорциума вузов Приволжского федерального округа (Ижевск, 2005); IV Международный конгресс "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине"

(Санкт-Петербург, 2006); Республиканская научно-практическая конференция "Роль природных и переформированных факторов оздоровления в условиях эндоэкологического кризиса" (Ижевск, 2006); 7-й Международный конгресс "Вода: экология и технология" и выставка “ЭКВАТЕК – 2006” (Москва, 2006); Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых - ВНКСФ-8, 10, 12, 13 (Екатеринбург, Красноярск, Москва, Новосибирск, Ростов-на-Дону – Таганрог, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007); VI Конференция молодых ученых "КоМУ-2006" (Ижевск, 2006); Международная выставка-ярмарка “Информатика-Связь-Электроника-2006” (Хабаровск,2006); XX Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых учёных и специалистов "БИОМЕДСИСТЕМЫ - 2007" (Рязань, 2007); I Международная конференция "Состояние воды в биологических и модельных системах" (Тверь, 2007); X международный симпозиум и выставка "ЧИСТАЯ ВОДА РОССИ", Международная научно-практическая конференция "Экологическая безопасность государств – членов Шанхайской организации сотрудничества (Екатеринбург, 2008); I Международный форум по нанотехнологиям, выставка и конгресс (Москва, 2008).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 86 работ, в том числе 1 монография, 31 статья – из них 28 в центральных российских журналах перечня ВАК, 55 публикаций в трудах конференций и тезисах докладов, из них 21 международных, получены 12 патентов Российской Федерации на изобретения и полезные модели, поданы 3 заявки на изобретения, в том числе на международные 3.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность создания новых методов и средств контроля сред и веществ, систем экологической безопасности и мониторинга для повседневного применения в технике и медицине на основе нелинейных явлений в диссипативных неравновесных системах. Описываются объект, предмет и методы исследования. Отмечаются научная новизна исследований, практическая значимость, апробация и внедрение результатов работы.

В главе 1 проведен обобщенный анализ существующих методов и средств контроля различных сред, веществ, приборов экологической безопасности и мониторинга природной среды. Показано, что их основой являются многочисленные нормы, правила, теоретические и технические подходы к расчетам, базирующиеся на линейных теориях неравновесных сред, в том числе и в области резонанса. Проанализированы физические и математические основы существующих подходов к расчету и проектированию данных систем на основе линеаризованных уравнений вне и в зонах резонанса. Показано, что обычно резонансом принято называть явление резкого усиления отклика динамической системы x на внешнее воздействие $f=f_0\cos\omega t$, когда частота внешнего воздействия ω сравнима с частотой ω_0, либо с совокупностью частот собственных колебаний самой системы ($n\omega=\Sigma n_i\omega_{0i}$, где n, n_i – целые числа). При этом вынужденные колебания x возникают и поддерживаются в системе за счет внешних аддитивных, либо параметрических воздействий (входящих в уравнения движения аддитивно, либо меняющих параметры системы). В последнем случае колебания, обусловленные внешним воздействием, называют параметрическими $\omega_0=\omega_0\{\varepsilon_i(t)\}$. Отмечено, что исторически одними из первых были рассмотрены задачи для линейных динамических систем с ω_0=const и с $\omega_0=\omega_0\{\varepsilon_i(\omega t)\}$ типа $\omega_0=(\varepsilon_0 + \varepsilon_1\cos\omega t)$. Линеарилизация задач привела авторов к “выплескиванию ребенка вместе с водой” - к отсутствию устойчивых состояний движения в зонах резонанса [4–7, 21–27].

Показано, что задачи по изучению движения и удержанию различных частиц, клеток, тел с размерами от микро- до макро- с учетом их характеристик (зарядов, механических, электрических, магнитных моментов, массы) в неоднородных полях и по влиянию самих полей на среды и вещества имеют почтенную историю и относятся к типичным задачам параметрического резонанса. Это обусловлено тем, что данная проблема периодически возникала при разработке методов и средств контроля сред и веществ, и при решении различных прикладных задач в различных областях механики, физики, биологии и медицины, таких как разработка: сверхчувствительных датчиков полей (электромагнитных, акустических, гидродинамических, гравитационных) на основе подвесов и динамических явлений; различных спектрометрометров, спектрофотометров и томографов (ЯМР, ЭПР, УЗИ, УФ, МРТ, КТ, ПЭТ…); ловушек частиц различного типа с размерами от элементарных до макро- для изучения свойств, динамики

отдельных частиц в таких ловушках, включая клетки, электроны, ионы, атомы, молекулы (с дальнейшей их упаковкой на плате – молекулярная технология); генераторов излучений на основе неравновесных возбужденных сред (плазмы, активированных жидкостей).

Рассмотрены и проанализированы различные исторические примеры математических и физических “простых” нелинейных моделей вышеуказанных задач:

- Динамическая устойчивость неравновесной системы – перевернутого маятника ($x \sim \pi$, Рис.1а) с вибрирующей точкой подвеса Andrew Stephenson (1908), B. Van der Pol (1925), П.Л. Капицы (1950):

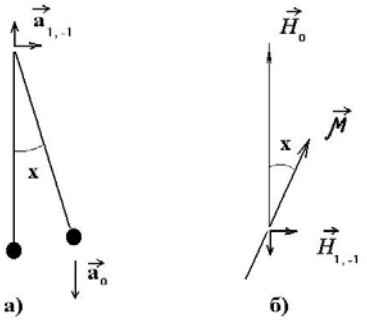


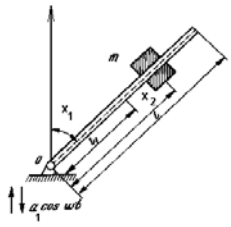
Рис. 1. а – маятник, б – диполь в осциллирующих полях.

$$x'' + \varepsilon_r x' + (\varepsilon_o + \varepsilon_1 \cos\tau)\sin x - \varepsilon_{-1}\cos(\tau + \varphi)\cos x = 0, \qquad (1)$$

Уравнение (1) описывает вынужденные колебания с аддитивным и параметрическим воздействием, $\varepsilon_\beta=(\omega_\beta/\omega)^2$; $\omega_\beta=(a_\beta/l)^{1/2}$; β=0, ±1, где $a_o=g$ – ускорение силы тяжести, $a_{1,-1}=l_{1,-1}\omega$ – ускорение при продольной, поперечной вибрации, ω – частота вибрации, l – длина маятника, $l_{1,-1}$ – амплитуды колебаний точки подвеса маятника.

- Уравнение вибрации мембраны Матье (1838): $x'' + (\varepsilon_o + \varepsilon_1\cos\tau)\,x = 0$, (2) одновременно описывает и допускает динамическую устойчивость неустойчивого состояния неравновесной системы в статике при $\varepsilon_o < 0$, но вне зоны параметрического резонанса.

- Маятник В.Н. Челомея (1956) – необычные эксперименты с перевернутыми вибрирующими жидкостями и твердыми телами (Рис.2).



$$(I_0+I_1+mx_2^2)x''_1+2mx'_1x'_2+(k_1/\omega)x'_1-(M\ell_1+mx_2)(g/\omega^2-a\cos\tau)\sin x_1=0,$$
$$x''_2 + (k_2/\omega)x'_2 - x_2x'^2_1 + (g/\omega^2 - a\cos\tau)\cos x_1 = 0, \qquad (3)$$

Рис. 2. Маятник В.Н. Челомея.

Показано, что уравнение (1) довольно часто встречается в различных областях физики: механики, электродинамики, гидродинамики, физики плазмы, радиофизики, магнитного и электрического резонанса и т.д. В частности, уравнение (1) описывает не только динамику маятника, но и частиц с собственным магнитным моментом $\boldsymbol{\mu}$ и моментом инерции I (рис.1б) в постоянном $\boldsymbol{H_0}$ и переменном магнитных полях $\boldsymbol{H_{1,-1}}$. В этом случае параметры (2) $\omega_\beta^2=\mu H_\beta/I$, $\boldsymbol{H_{1,-1}}$ – амплитуда переменного магнитного поля продольной, поперечной накачки, φ=const, $\tau=\omega t$, $x'=dx/d\tau$.

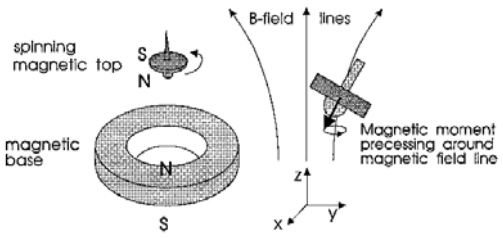
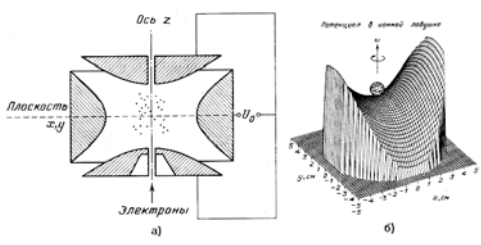


Рис. 2. Левитрон Roy Harrigana.

H. van der Heide в 1974 г. продемонстрировал возможность левитации постоянных магнитов вне зон резонанса (в комбинированном магнитном поле - постоянном и переменном, в частности в поле постоянных магнитов). Позднее в 1983 г. Roy Harrigan изобрел левитрон – волчок-магнит, устойчиво висящий в комбинации полей – постоянного магнитного и гравитационного.

- Атомарные ловушки для электронов, ионов, молекул, нейтронов и изучения их свойств – Рэмси Н.Ф., Пауль В. (1989, Нобелевская премия за цикл экспериментальных работ с изолированными частицами вне зон резонанса).



$$\Phi_0=U+V\cos\omega t,$$
$$\Phi=\Phi_0(x^2-z^2)/(2r_o^2),$$
$$x'' + (a_x + 2q_x\cos\omega t)\,x=0,\ z'' + (a_z + 2q_z\cos\omega t)\,z=0,$$

где $a_x = - a_z = a = 4eU/(m r_o^2 \omega^2)$, $q_x = - q_z = q = 2eV/(m r_o^2 \omega^2)$, либо в переменных (1)

$$x''_i + (\varepsilon_{o\,i} + \varepsilon_{1\,i} \cos \tau)\, x_i = 0, \qquad (4)$$

где $\varepsilon_{ox} = - \varepsilon_{o\,z}/2 = a/4$, $- \varepsilon_{1x} = \varepsilon_{1\,z}/2 = q/2$, $x''_i = dx/d\tau$, $\tau = \omega t$.

Рис. 3. Атомарные ловушки.

- Электродинамические ловушки для клеток и исследования их свойств – Green N.G., Hughes M.P., Monaghan W., Morgan H. (1997).

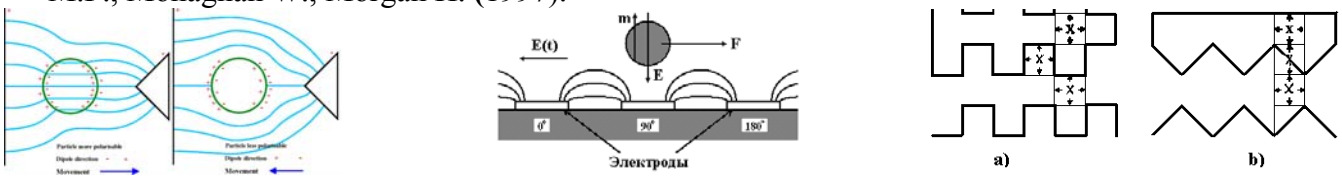


Рис. 4. Клетка в неоднородном электрическом поле и “бегущая по волнам”; а, б – электродная сетка.

- Доказана теоретически и экспериментально возможность существования устойчивого кластера (орбитальной устойчивости) в системе из двух неточечных магнитных диполей, токовых колец – Козорез В.В. (1974).

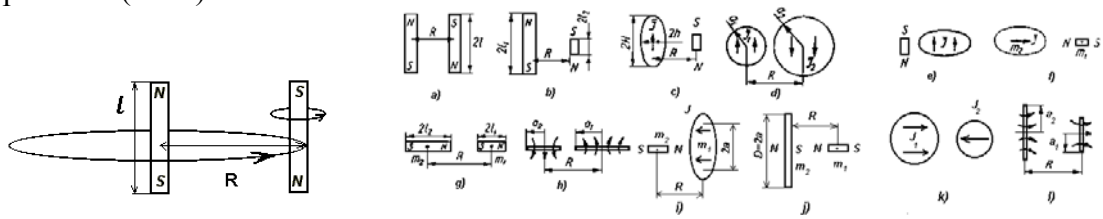


Рис. 5. К “проблеме $1/R^3$” кластера – орбитальной устойчивости в системе из двух диполей.

- Разработаны основы единой резонансной теории средств контроля параметров различных полей (акустических, гидродинамических, электромагнитных) на основе их пондеромоторного действия на резонаторы – Лебедев П.Н. (1891). Законы пондеромоторных сил описаны П.Н. Лебедевым в его докторской диссертации "Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы". Результаты расчетов экспериментально подтверждены им на модельных резонаторах и использованы для регистрации светового давления. "Главный интерес исследования, – отмечал он, – лежит в принципиальной возможности распространить найденные законы ... на межмолекулярные силы".

Проанализированы целый ряд дальнейших разрозненных работ по нетрадиционным методам регистрации параметров, электромагнитных полей и свойств диссипативных неравновесных сред и веществ:

- метод регистрации свойств парамагнетиков Sucksmith W., Bates L.F. (1923-1925) и ферромагнетиков Arimondo Ennio (1968) по моменту сил на основе эксперимента Эйнштейна – де Гааза (гиромагнитный эффект) Einstein A., de Hass W.J. (1916);
- метод регистрации по моменту сил электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) Alzetta G., Gozzini A. (1964), оказался более удобным и чувствительным при исследовании нелинейных эффектов в области малых полей H_0, больших уровней мощности накачки и в случае значительных диэлектрических потерь;
- метод регистрации ядерного магнитного резонанса (ЯМР) на основе возникновения пондеромоторной силы в условиях ядерного магнитного резонанса – Дорфман Я.Г. (1947); ферромагнитного резонанса (ФМР) – В.Е. Шапиро (1968), Morgenthaler E. R. (1973);
- методы регистрации параметров электромагнитных полей в СВЧ-диапазоне на основе их пондеромоторного действия на среды и вещества – Валитов Р.А. [85].

Приведен обзор литературы по методам получения и исследования диссипативных неравновесных систем: воды, водных растворов, воздуха, переведенных в неравновесное термодинамическое состояние различными физическими, химическими и биологическими процессами. Проанализированы существующие методы и приборы контроля на основе неравновесных систем. Отмечено, что ранее разработанные и используемые технические решения для средств контроля, не учитывающие нелинейных свойств неравновесных систем, имеют низкую производительность и помехоустойчивость при измерениях. Такой подход приводит к

неоднозначной интерпретации наблюдаемых явлений, что сужает и ограничивает область применения разработанных систем и вызывает потребность в их дальнейшем развитии. Рассмотрены вопросы, связанные с особенностями резонансного воздействия полей на неравновесные системы.

Отмечены нерешенные проблемы, недостатки вышеизложенных методов исследований, средств контроля сред и веществ, расчетов, базирующихся на линейной теории равновесных сред. На основании проведенного анализа определена цель исследования и сформулированы задачи ее достижения.

В главе 2 изложены теоретические основы резонансных нелинейных неравновесных систем в неоднородных полях − задачи параметрического резонанса с $\omega_0=\omega_0\{\varepsilon_l(x_k,\ \theta_l,\ \omega t)\}$, где x_k, θ_l – трансляционные и вращательные степени свободы, $k,\ l$ =1, 2, 3N, N - количество степеней свободы [74–84, 95–97, 112–114, 122, 129, 146]. Рассмотрены задачи построения систем контроля сред и веществ на основе нелинейных явлений в неравновесных системах для различных областей физики, химии и биологии с единой точки зрения – экстремальности резонансных состояний движения в природе.

Предложены простые математические и физические модели для нелинейных неравновесных систем в неоднородных полях. Разработан метод S-функции [1, 15, 17, 18], позволяющий в аналитическом виде:

$$s = <L> = (\alpha/2\pi) \int_0^{2\pi/\alpha} L\mathrm{d}\tau, \qquad (5)$$

с необходимой степенью точности, проводить расчет динамики нелинейных систем, не содержащих в явном виде малый параметр, и находить периодические решения с периодом $2\pi/\alpha$. Метод разработан на основе принципа наименьшего действия для $\boldsymbol{s}$, лагранжевого формализма для $\boldsymbol{L}$ и положений Пуанкаре [111, с. 75] о том, что:

(I) периодические решения являются единственной брешью, через которую мы могли бы попытаться проникнуть в область, считавшуюся недоступной;

(II) периодическое решение может исчезнуть, лишь слившись с другим периодическим решением (периодические решения исчезают парами подобно действительным корням алгебраических уравнений).

Метод позволяет для $x=x_0+\sum_{n=1}^{\infty}[x_n\cos(n\alpha\tau)+(y_n/n)\sin(n\alpha\tau)]$, где x_0, x_n, y_n в общем случае $f(\tau)$, в приближении медленно меняющихся амплитуд, осуществить переход от уравнения (1) в лагранжевой форме $\mathrm{d}(\partial L/\partial x')/\mathrm{d}t - \partial L/\partial x = -\partial F/\partial x'$, к укороченным уравнениям [113, 114]:

$$x_k' \cong -\partial S/\partial y_k - \partial R/\partial x_k,\ y_k' \cong \partial S/\partial \mathrm{x_k} - \partial R/\partial y_k, \qquad (6)$$

где $y_k = x_0'$, k=1, 2, …, ∞, $R=(\varepsilon_r/2)\,[\,y_0^2+(1/2)\sum_{n=1}^{\infty}[x_n^2+y_n^2]$ и $S = s - y_0^2$, $s = <L>=(\alpha/2\pi)\int_0^{2\pi/\alpha} L\mathrm{d}\tau$, (7)

В общем случае x может быть вектором и $U=U(\boldsymbol{x},\tau)$.

Получено точное решение нелинейного уравнения (1) в аналитическом виде при резонансе:

$$S=\sum_{n=1}^{\infty} n^2\alpha^2 r_n^2/4 - y_0^2/2 + (1/2)\sum_{k_1,k_2,..=-\infty}^{+\infty}\prod_{n=1}^{+\infty} Jk_n(r_n)\sum_{\beta=-1}^{+1}\varepsilon_\beta\delta^{\pm\beta}_{\sum_{N=1}^{\infty}k_n n\alpha}(1+\delta^0_\beta)\cos[x_0+\sum_{n=1}^{\infty}k_n(\pi/2-\delta^{\pm1}_\beta\psi_n)-\delta^{-1}_\beta(\pi/2\pm\varphi)], \qquad (8)$$

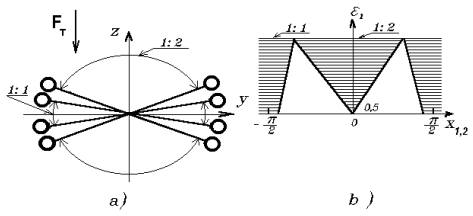
где $Jk_n(r_n)$ – функции Бесселя, $\delta^n{}_\beta$ – символ Кронекера, $x = x_0+\sum_{n=1}^{\infty}[r_n\cos(n\alpha\tau-\psi_n)$.

Рассмотрены различные случаи решений уравнения (1). Методами математического (символьного и численного), аналогового и физического моделирования проведен анализ задач динамики маятника и магнитного диполя вне и в условиях нелинейного параметрического резонанса.

В наиболее простом случае математического маятника без учета трения и вибраций результаты вычислений по S (8) с n=1 свидетельствует о вполне удовлетворительной точности. Относительная погрешность приближения по r_1 даже при углах отклонения маятника $x \sim 160^0$ не превышает 5,5 %.

Доказано, что в первом приближении метод Крылова-Боголюбова ([16], §14) и метод S-функции при n=1 приводят к одинаковым укороченным уравнениям и решениям для перевернутого маятника вне зон параметрического резонанса.

Введение продольной вибрации при n=2 и учет членов порядка r_k^4 при разложении $J_n(r_k)$ в S(8) позволило в аналитическом виде получить выражения для решений в и вне зон параметрического резонанса. Результат с $y_1 \neq 0$ и $\varepsilon_0=0$ ранее был получен методом Крылова-Боголюбова ([16], с.281) без учета x_0, x_2, y_2, y_0 и соответствующего анализа на устойчивость. Такой подход не является корректным, так как отбрасывание членов с x_2, y_2 в S(8) на частоте возмущающей силы приводит к неверному заключению о неустойчивости возбужденных колебаний маятника Капицы в зоне резонанса по x_0, y_0, что противоречит проведенному опыту и результатам численного моделирования [17]. Последующее численное, аналоговое и физическое моделирование уравнения (1) подтвердило правильность аналитических расчетов.



В наиболее простом случае для маятника (1) с $\varepsilon_0=\varepsilon_{-1}=0$, $\varepsilon_1 \neq 0$ найдена точка бифуркации $1/\alpha=2 \leftrightarrow 1/\alpha=1$ в аналитическом виде из совместного рассмотрения двух периодических решений по сценарию Пуанкаре (II) на основе S функции. Проводя вычисления можно определить соответствующую точку бифуркации из условия: $|x_1^*(\varepsilon_1')|+|x_2^*(\varepsilon_1')|=\pi/2$,где $x_1^* \cong 59^o$, $x_2^* \cong 31^o$, $\varepsilon_1' \cong 0.61$.

Рис.6. Сценарий появления бифуркации для перевернутого маятника по Пуанкаре при $\varepsilon_0=0$. а) $0,5<\varepsilon_1<0,61$; б) графики зависимости $x_{1,2}(\varepsilon_1)$.

В данном случае (с $\varepsilon_0=0$) появление бифуркации может одновременно привести к возникновению хаоса в системе (1) (рис.29). Причиной могут послужить флюктуации, погрешности от макросистемы, используемой при физическом, аналоговом или численном моделировании детерминированной системы, описываемой уравнением (1). В результате будут наблюдаться каскады переходов между различными типами периодических движений при $\varepsilon_1=\varepsilon_1'$ (колебательными 1:2, 1:1; вращательными 1:1 и др.), воспринимаемые как хаос.

Машинное моделирование уравнения (1) на АЦВК ГВС “Русалка” и натурное моделирование на магнитной стрелке от компаса, помещенной в магнитное поле, подтвердили правильность полученных результатов в пределах погрешностей моделирования.

Доказана возможность нахождение периодических решений в нелинейных динамических систем и исследования их на устойчивость в ряде задач (таких как "левитрон", "атомарные" ловушки и т.д.) с помощью нахождения критических точек и установления знакоопределенности матрицы вторых производных S-функции ([114], 4.1). В качестве примера рассмотрена задача разработки атомарной ловушки на седловой точке в неоднородном статическом поле без наложения дополнительных переменных и постоянных полей:

$$T = [(dx_1/dt)^2 + (dx_2/dt)^2]/2,\ U = c_{20}x_1^2 + c_{02}x_2^2 + c_{40}x_1^4 + c_{22}x_1^2x_2^2 + c_{04}x_2^4, \qquad (8)$$

где T, U – кинетическая, потенциальная энергия. Из S-функция рассматриваемой задачи в приближении n=2 для системы (8, 9) получены устойчивые решения при: $c_{20}<1/2$ и а) $c_{02}<1/2$; $c_{22}>6\text{abs}(c_{40})(-2c_{02}+1)/(-2c_{20}+1)$; б) $c_{02}>1/2$; $c_{22}>2\text{abs}(c_{40})(-2c_{02}+1)/(-2c_{20}+1)$. Следовательно, устойчивые решения существуют не только для U с c_{20}, $c_{02}>0$ (точка минимума потенциальной энергии), но и с $c_{20}>0$, $c_{02}<0$ (седло). Результаты расчетов были проверены путем численного и аналогового моделирования на гибридном комплексе. В тривиальном случае, когда все $x_{n,m}$, $y_{n,m}=0$, из вида $\{S_{ij}''\}$ следует, что для устойчивости полученных решений необходимо условие c_{20}, $c_{02}>0$, т.е. наличие точки минимума U при $x_1=x_2=0$.

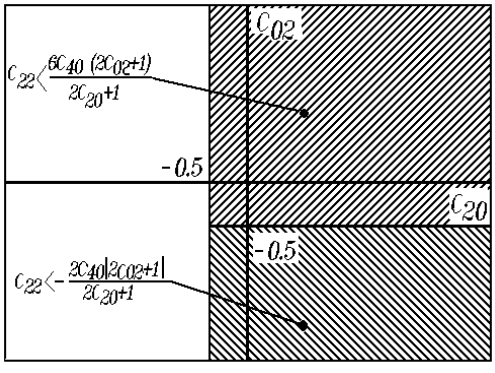


Рис. 7. Зоны устойчивости для седловой точки.

Рассмотрена задача резонансного захвата спиновой частицы в неоднородном переменном магнитном поле $\boldsymbol{H}\cong\{H_1\cos\omega t,\ H_1\sin\omega t,\ \mu_{20}r^{-3}\}$ [81]. Задача решена на основе совместного рассмотрения уравнений: спинового $d\boldsymbol{S}/dt=\gamma[\boldsymbol{S}*\boldsymbol{H}]$ и силы $\boldsymbol{F}=-\mu\nabla(\boldsymbol{SH})$, действующей на частицу с собственным магнитным моментом $\boldsymbol{\mu}=\mu\boldsymbol{S}$. В результате разделения переменных на быстрые и медленные задача о движении диполя свелась к задаче о движении частицы в поле с эффективной потенциальной энергией $U_\Sigma=U_п+U_ц$, где $U_п=(\mu_{10}\mu_{20}/r^3)\{1-\gamma^2H_1^2/[(\Delta\omega(r))^2+\omega_r^2+\gamma^2H_1^2]\}$, $\Delta\omega(r)=(\omega-\gamma\mu_{20}r^{-3})$ и $U_ц$ – центробежный вклад [81].

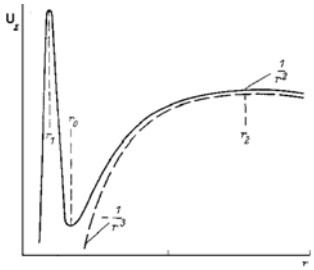


Рис. 8. Усредненная эффективная потенциальная энергия макроскопической спиновой частицы, находящейся в неоднородном магнитном поле ($\sim\mu_2/r^3$) и ВЧ-резонансном поле с $\omega=\gamma\mu_2/r^3$.

Таким образом, неустойчивость типа $\sim1/r^{\mathbf{n}}$ с n>2 можно стабилизировать магнитным резонансным взаимодействием (рис.8). Учет нелинейных членов взаимодействия приводит к возникновению целого ряда дискретных орбит по r (рис.9) за счет резонансного захвата на гармониках $(n/m)\omega$ [81].

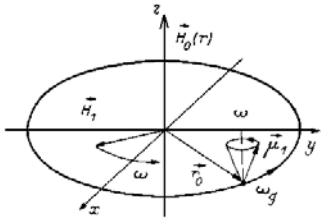


Рис. 9. Устойчивое движение в точке r_0 при резонансном захвате.

Аналогичный резонансный захват будет наблюдаться для любых частиц, обладающих дипольным моментом и спином, к примеру – электрических, ядерных псевдомагнитных диполей, так как уравнения движения [81] при классическом рассмотрении будут аналогичные.

Обнаружены "необычные" резонансные эффекты [97] при рассмотрении простейшей классической задачи магнитной стрелки на стержне в неоднородном магнитном поле вида $\boldsymbol{H}=[H_1\cos\omega t,\ 0,\ H_z(x)]$. В исходной модели кинетическая, потенциальная энергии и диссипативная функция и уравнения движения записывались в виде:

$$T=I(d\theta/dt)^2/2+m(dx/dt)^2/2,\ U=-H_0\cos(\theta)-H_1\sin(\theta)\cos(\omega t),\ F=a_1(d\theta/dt)^2/2+a_2(dx/dt)^2/2, \quad (9)$$

$$x_1''+2\beta_1x_1'+\omega_1^2x_1=\omega_3^2\cos\omega t,\ x_2''+2\beta_2x_2'+\omega_2^2x_2=0, \quad (10)$$

где $\omega_1^2=\omega_S^2h(x_2)\sin(x_1)/x_1$, $\omega_2^2=-\omega_L^2(1/x_2)(dh(x_2)/dx_2)\cos(x_1)$, $\omega_3^2=\omega_b^2\cos x_1$, $x_1=\theta$, $x_2=x/x_{max}$, $\beta_1=a_1/(2I)$, $\beta_2=a_2/(2m)$, $\omega_L^2=\mu H_0/(mx_{max}^2)$, $\omega_S^2=\mu H_0/I$, $\omega_b^2=\mu H_1/I$, $H_z=H_0(1-kx_2^n)=H_0h(x_2)$. В результате моделирования на аналого-цифровом вычислительном комплексе "Русалка" были найдены устойчивые резонансные состояния движения. К примеру, при $\omega_S^2=0{,}3$, $\omega_L^2=0{,}5$, $\beta_1=\beta_2=\omega_b=0$, x_1 и x_2 совершают колебательные движения вокруг центра (0, 0) с соотношением частот 1:1, 2:3, 4:7 и другими. При увеличении амплитуды воздействия H_1, были обнаружены устойчивые траектории движения около точек $(\pm\pi/2,\ 0)$.

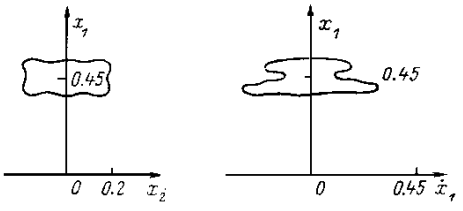
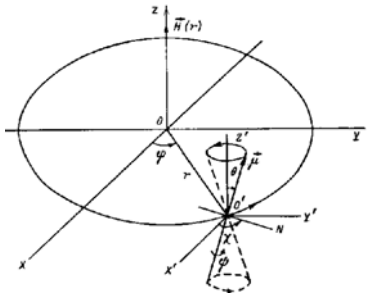


Рис.10. Устойчивые траектории при $\omega=0.1\omega_1$, $x_{10}'=-0{,}07$, $x_{10}=0{,}2$, $x_{20}'=-0{,}07$, $x_{20}=0{,}11$.

Появление устойчивых решений вблизи $(\pm\pi/2)$ чрезвычайно важно для задач движения частиц в полях с n<(–2), типа дипольных – резонансных микрокластеров. При углах $\theta\approx\pi/2$ происходит изменение характера взаимодействия притяжения ($\theta<\pi/2$) на отталкивание ($\theta>\pi/2$). Возникает перекачка энергии поступательного движения во вращательное, и наоборот. Результатом будет возникновение устойчивых состояний движения и отсутствие коллапса в дипольном случае.

В случае движения магнитного волчка (рис.11) в постоянном, неоднородном, осесимметричном магнитном поле $\boldsymbol{H}(r)$ функция Гамильтона примет вид:



$$H=m/2(r'^2+r^2\varphi'^2)+I/2(\chi'^2\sin2\theta+\theta^2)-I_0/2(\psi'+\chi'\cos\theta)^2-\mu H(r)\cos\theta, \quad (11)$$

и резонансный захват будет иметь место [82] при $(\omega_1^2\omega_2^2-\omega_L^2\omega_l^2)[\omega_L^4-\omega_1^4]^{1/2}=0$, где $\omega_1=\varphi'$, $\omega_2=\chi'$, $\omega_L^2=-\mu(\partial H/\partial r)(1/r)$, $\omega_l^2=-\mu H/I$, $\cos\theta=(\omega_1/\omega_L)^2$. При $\omega_L\neq\omega_l$ (соответственно $\theta\neq0,\ \pi$) $\omega_1\omega_2=\omega_L\omega_l$, что аналогично условиям синхронизации объектов с близкими частотами [98].

Рис. 11. Магнитный гироскоп.

Рассмотрена модельная классическая задача движения точечного диполя $\boldsymbol{\mu_1}$ в поле другого $\boldsymbol{\mu_2}$ [80]. В случае упрощенной классической постановки задачи с учетом спинов уравнения движения имеют вид:

$$d\boldsymbol{\mu_1}/dt = \gamma_1[\boldsymbol{\mu}_1 * \boldsymbol{H}_{12}], \quad d\boldsymbol{\mu_2}/dt = \gamma_2[\boldsymbol{\mu}_2 * \boldsymbol{H}_{21}], \quad d^2(m\boldsymbol{r}_{12})/dt^2 = \nabla(\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{H}_{12}), \qquad (12)$$

где $\boldsymbol{H}_{12}=(3\boldsymbol{n}_i(\boldsymbol{\mu}_j\boldsymbol{n}_i) - \boldsymbol{\mu}_j)/r^3$ – поле диполя $\boldsymbol{\mu}_j$ в месте расположения диполя $\boldsymbol{\mu}_i$; $i,j=1,2$; $\boldsymbol{n}_i=\boldsymbol{r}_{ij}/r$, $r=|\boldsymbol{r}_{ij}|$, $m=m_1<<m_2$.

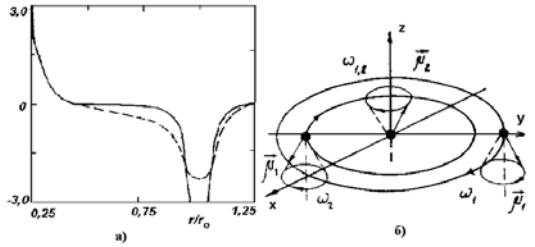
Результаты решения (12) для частных случаев частиц с одинаковыми спинами и одинаковыми значениями гиромагнитных чисел ($|\gamma_1|=|\gamma_2|$, $\mu_1=\mu_2$) представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения параметров системы взаимодействующих диполей без учета диссипации.

№	$\gamma_{12}\mu_{1,2z}$	ω/ω_{12}	$\sim\mu_z/\mu_o$	$V_{д.д}$
1	$\gamma_1=\gamma_2$, ↑↓	3	$\omega_0(\omega_0+\omega)$	$(2\mu_0^2/3r^3)[(1+3r_0/2r)^{-2}-3/2]$
2		2	$\omega_0(\omega_0+\omega)$	$(\mu_0^2/2r^3)[(1+r_0/2r)^{-2}-1]$
3		–1	$\omega_0(\omega_0-\omega)$	(μ_0^2/r^3)
4	$\gamma_1=-\gamma_2$, ↑↑	3	$\omega_0(\omega_0-\omega)$	$-(2\mu_0^2/3r^3)[(1-3r_0/2r)^{-2}-3/2]$
5		2	$\omega_0(\omega_0-\omega)$	$-(\mu_0^2/r^3)[(1-r_0/r)^{-2}-1]$
6		–1	$\omega_0(\omega_0+\omega)$	$-(\mu_0^2/r^3)$

Из таблицы 1 следует, что резонансный захват в принципе возможен без учета диссипации только на гармониках частоты ларморовой прецессии первого диполя в поле второго. Появление решения $\omega=-\omega_{12}$ обусловлено отсутствием диссипации (за счет переворота спина и его прецессии в противоположном направлении). Такая ситуация типична при рассмотрении движения вектора намагниченности в условиях магнитного резонанса без диссипации [107].



В системе трех спиновых частиц, две из которых одинаковы, возможно наличие не более двух разрешенных состояний с противоположной ориентацией спинов (↑–↑↓) на каждом уровне – ω_{12}, $2\omega_{12}$, $3\omega_{12}$.

Соответствующий график зависимости и схематический рисунок возможных устойчивых движений приведены на рис. 12.

Рис. 12: а – графики усредненной потенциальной энергии двух спиновых частиц μ_1 и μ_2, сплошная линия – без диссипации, пунктир – с учетом диссипации; б – возможные устойчивые движения спиновых частиц, $\omega_2=2\omega_{12}$.

При сближении диполей угол прецессии θ увеличивается, что и следовало ожидать за счет увеличения поля "накачки" $H_1=H_{x,y}^{д.д.}$, а в точке r_0 уменьшается в результате синхронизации двух частот – "механической" $\omega_0^0(m)=|\gamma|\mu_0/r_0^3$ и "магнитной" $|\omega|=|\gamma|\mu_0/r^3$.

Резонансный захват в системе одного, двух магнитных диполей (рис. 12) и более диполей, в том числе электрических с учетом собственных моментов количества движения, относится к задачам синхронизации объектов с близкими частотами [98]. Данный эффект может быть использован для объяснения многочисленных необычных нелинейных явлений в неравновесных средах, при конструировании новых методов, датчиков и средств контроля.

Рассмотренные примеры необычных явлений динамической устойчивости неустойчивых состояний для нелинейных неравновесных систем позволили по новому подойти к анализу вопросов динамической устойчивости неустойчивых состояний, бифуркации, хаоса, дискретности, эволюции нелинейных динамических систем; к исследованию необычных свойств и нелинейных явлений в неравновесных системах и к разработке методов и средств контроля свойств и параметров в диссипативных неравновесных средах. На основании этого определена цель исследования и сформулированы задачи ее достижения.

<u>В главе 3</u> изложены научно обоснованные технические и технологические решения разработки новых методов и средств контроля сред и веществ на основе исследования нелинейных явлений в неравновесных системах: ферромагнетиков и подвесов в условиях магнитного резонанса; воды, водных растворов и воздуха, переведенных в неравновесное термодинамическое состояние посредством электроактивации. Предложены новые методы, датчики и системы для регистрации параметров диссипативных неравновесных сред. Приведены результаты

использования измерителей для решения ряда актуальных задач мониторинга и экологической безопасности.

Исследование свойств нелинейных неравновесных систем в неоднородных резонансных полях вносит принципиально новый момент в разработку методов и средств их контроля. Он заключается в параметрической зависимости $\omega=\omega$ ($\boldsymbol{r}$, θ_i) (1) и изменении собственной частоты образца-резонатора при его перемещениях и поворотах как целого в неоднородных постоянных и переменных электромагнитных полях $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t)$, $\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}, t)$ [74-79]. Следствием этого является появление в пространстве выделенных резонансных областей "зон захвата" с резонансным пондеромоторным действием поля.

Впервые исследовано резонансное удержание частицы (сферы – анизотропного монокристалла железоиттриевого граната) в условиях нелинейного ферромагнитного резонанса [74, 79].

Условия опыта. Исследовались монокристаллические $Y_3Fe_5O_{12}$ в виде сфер с параметрами: d=0,97–0,41 мм, ширина линии $2\Delta H$=0,49–0,56 э, поле анизотропии H_a= – 40 э, намагниченность насыщения $4\pi M_o$=1750 Гс, плотность ρ=5,17 г/см^3, образцы в режиме непрерывной поперечной накачки $\boldsymbol{H}_1$. Образцы помещались в центр резонатора H_{101}, с добротностью Q=10^3. Мощность с.в.ч. колебаний магнетрона, работающего на частоте 9,42 ГГц, регулировалась поляризационным аттенюатором в пределах P=0–0,5 Вт. Градиент поля в центральной области между полюсными наконечниками постоянного магнита с H_o=3280 э не превышал 2 э/см.

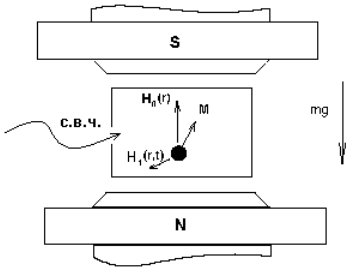
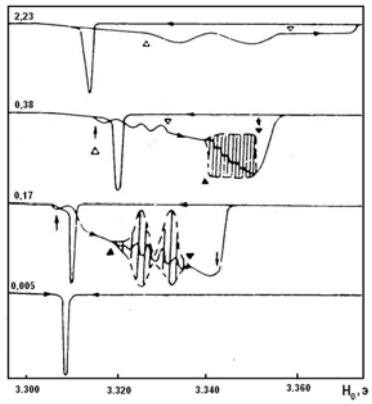


Рис.13. Схема опыта с незакрепленными образцами монокристалла феррита в условиях ФМР.

Обнаружено пондеромоторное действие электромагнитного поля при НФМР [74, 79]: пространственные перемещения и низкочастотные пульсации образцов; отрыв двух сфер друг от друга при резонансе; устойчивые орбитальные движения и кратковременные зависания (левитация ~ 1–3 с) сферы внутри резонатора СВЧ.

Получены и проанализированы выражения для пондеромоторных сил и моментов сил, действующих на ферромагнетик при резонансе. Формулы для силы получены на основе тензора энергии-импульса Абрагама. Моменты сил вычислены для изотропных и анизотропных ферромагнитных образцов, исходя из выражения для свободной энергии. Выяснена причина значительности их величин, превышающих силу тяжести на несколько порядков, − высокая добротность резонансной системы образца феррита ~ 10^4.

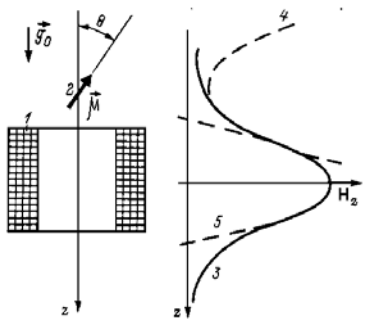


Объяснены результаты многочисленных экспериментальных исследований, выполненных в области нелинейного ферромагнитного резонанса на незакрепленных образцах (медленные пульсации сигнала НФМР, самопроизвольные перескоки с одной акустической моды на другую, гистерезис магнитоакустического резонанса и линии поглощения по полю). Учет пондеромоторного действия электромагнитного поля на ферромагнетики позволил достаточно просто объяснить нелинейные явления при НФМР, по сравнению с их интерпретацией на основе квантово механической модели возбуждения магнитоупругих колебаний за счет модуляции обменного и дипольного взаимодействий со стороны решетки.

Рис.13. Линия поглощения НФМР на незакрепленных образцах: ▲▼− области НЧ-пульсаций, возбуждения МАР и перемещений образцов, ►◄ − направление развертки по полю.

Предложены новые методы и средства неразрушающего контроля на основе пондеромоторного резонансного действия электромагнитного поля на ферромагнетики (построение абсолютных высокочувствительных датчиков СВЧ поля, $P_{min}<10^{-10}$ Вт, магнитометров; разработка прямых методов регистрации ферромагнитного резонанса с чувствительностью ~ 10^7 спин). Показана возможность их использования для решения ряда фундаментальных задач макроскопической электродинамики (измерение силы Абрагама, проверка различных выражений для тензоров энергии-импульса).

Исследовано резонансное удержание частицы (постоянного магнита – магнитного диполя) в переменном неоднородном магнитном поле [84]. Проведен анализ динамики магнитного диполя в резонансной ловушке методами математического (символьного и численного), аналогового и физического моделирования. Доказано существование устойчивых состояний движений в зонах параметрического резонанса. В качестве модели рассмотрено движение магнитного диполя в поле силы тяжести и переменном магнитном поле, создаваемом соленоидом (рис.14). Распределение поля $\boldsymbol{H}$ соленоида (в цилиндрической системе координат) аппроксимировано следующим видом:



$$H_z=H_0(s+z^2-0.5\rho^2)\cos(\omega t),\quad H_\rho=-H_0\rho z\cos(\omega t),\quad H_\varphi=0, \qquad (13)$$

где s=const, $s>0$ ($s<0$) для диполя подвешиваемого над (внутри) соленоида. При этом компоненты вектор-потенциала поля удовлетворяют уравнению Лапласа.

Рис. 14: 1 – соленоид, 2 – диполь, 3 – реальная зависимость $H_z(z)$, 4, 5 – аппроксимация $H_z(z)$

Лагранжиан для случая диполя-ротатора с $s>0$ имел вид:

$$L=\rho'^2+z'^2+k\theta'^2+\xi[(s+z^2-0.5\rho^2)\cos\theta-\rho z\sin\theta]\cos(2\tau)+gz, \qquad (14)$$

где $k=I/m$, $\xi=8\mu H_0/(m\omega^2)$, $g=8g_0/\omega^2$, $\tau=\omega t/2$, m – масса, I – моментом инерции, $\boldsymbol{\mu}$ – магнитный момент. Аналогично записывался Лагранжиан для случая $s<0$. Далее решение ищется в виде: $z\cong a_{10}+a_{11}\cos\tau+b_{11}\sin\tau+a_{12}\cos2\tau+b_{12}\sin2\tau$, $\rho=a_{21}\cos\tau+b_{21}\sin\tau$, $\theta=a_{31}\cos\tau+b_{31}\sin\tau$, где a_{ij}, b_{ij} <<1 – медленно меняющиеся функции времени. Стационарные точки получены решением системы уравнения a_{ij}', $b_{ij}'=0$ с последующим их исследованием на устойчивость в вариациях. Зависимости a_{10}, $\theta=(a_{31}^2+b_{31}^2)^{1/2}$ от k, полученны в результате вычислений для $|s|=1$ (рис. 15).

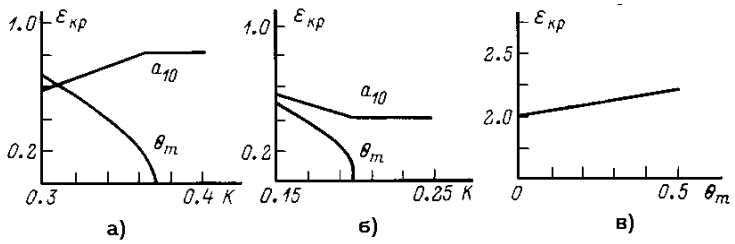
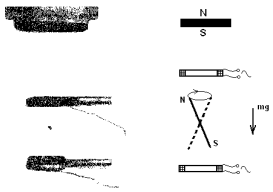


Рис. 15: а) s=1, g=0,2, ξ=1; в) s= –1, g=0,1, ξ=1; с) s= –1, g=0,1.

Из графиков (рис. 15) и опытов [84] следует возможность пространственного разделения частиц по величине k. Решение становится неустойчивым при $\xi>\xi_{кр}$, причем для $s>0$ $\xi_{кр}=2$ и не зависит от θ_m, для $s<0$ такая зависимость существует. В частности, существует такое сочетание k и g, что при увеличении ξ устойчивое решение переходит в неустойчивое и затем вновь становится устойчивым после возникновения колебаний диполя по θ.

Корректность численно-аналитических расчетов подтверждена физическим и аналоговым моделированием уравнений движения Лагранжа (14) на аналогово-цифровом вычислительном комплексе "Русалка". Магнит из феррита бария подвешивался над торцом электромагнита. С целью расширения области начальных условий в резонансной области, приводящих к удержанию магнита, подвешивание осуществлялось в глицерине. Поведение магнита качественно описывалось решениями, полученными в результате расчетов.



Исследовано резонансное удержание частицы (постоянного магнита – магнитного диполя) в постоянном и переменном неоднородных магнитных полях [97]. Рассмотрена простейшая классическая модель задачи (рис.16) о динамике спиновой частицы (стрелки с магнитным моментом $\boldsymbol{\mu}$ на стержне) в неоднородном постоянном $\boldsymbol{H}\approx[0,\ 0,\ H(x)]$ и высокочастотном магнитном поле $\boldsymbol{H}_1\approx[H_1\cos(\omega t),\ 0,\ 0]$ поперечной накачки.

Рис. 16. Резонансная ловушка для магнитного диполя.

Получена система уравнений движения на основе лагранжевого формализма $d(\partial L/\partial x')/dt-\partial L/\partial x=-\partial F/\partial x'$ и выражений для функции Лагранжа, кинетической, потенциальной энергии и диссипативной функции:

$$L=T-U,\ T=I\theta'^2/2+mx'^2/2,\ U=-(\boldsymbol{\mu H}_\Sigma)=-\mu H\cos\theta-\mu H_1\sin\theta\cos(\omega t),\ F=a_1\theta'^2/2+a_2x'^2/2, \qquad (15)$$

в виде:

$$x''_1+2\beta_1x'_1+\omega_1^2x_1=\omega_3^2\cos(\omega t),\quad x''_2+2\beta_2x'_2+\omega_2^2x_2=0, \qquad (3)$$

где , $x_1=\theta$, $x_2=x/x_{max}$, $\beta_1=a_1/(2I)$, $\beta_2=a_2/(2m)$, $\omega_{1,2,3}=f\{x_{1,2,3}\}$.

Проведен анализ динамики магнитного диполя в резонансной ловушке методами математического (символьного и численного), аналогового (рис.17) и физического моделирования (рис.16). Доказана возможность существования устойчивых динамических состояний движений вблизи точек (0,0) и ($\pm\pi/2$, x_{20}) в зонах параметрического резонанса. Решение ($\pm\pi/2$, x_{20}) принципиально важно для задач движения частиц в полях с $1/R^n$ с n>2 типа дипольных. При углах $\theta \sim \pi/2$ происходит изменение характера взаимодействия дипольных частиц: притяжение при углах $\theta<\pi/2$ и $\theta>\pi/2$. Возникает перекачка энергии поступательного движения во вращательное и наоборот. Результатом является возможность возникновения устойчивых состояний движения и отсутствие коллапса в дипольных системах при нелинейном резонансе. Система уравнений движения промоделирована на АЦВК "Русалка" для $H=H_0(1 - k \cdot x_2^2)$ (рис.17). Определены численные значения частот и параметров, при которых образуются устойчивые стационарные состояния движения.

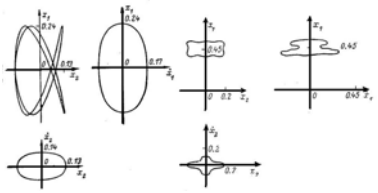


Рис. 17. Устойчивые траектории, фазовые портреты с предельными циклами для стационарного и возмущенного состояний.

Предложены новые методы и средства неразрушающего контроля сред и веществ на основе нелинейных неравновесных систем – резонансных подвесов (построение абсолютных высокочувствительных датчиков полей, магнитометров, сейсмографов; разработка прямых методов регистрации свойств и параметров сред и веществ).

Приведены результаты собственных исследований нелинейных неравновесных систем: воды, водных растворов и воздуха, переведенных в неравновесное термодинамическое состояние посредством электроактивации. Электроактивация водных растворов проводилась методом электролиза. Электроактивация воздуха осуществлялась на основе электроионизации. Изучены различные режимы активации растворов в зависимости от их температуры, минерализации, конструкции электроактиваторов, параметров электропитания; режимы ионизации воздуха в зависимости от конструкций ионизаторов и условий ионизации. Параметры неравновесных сред регистрировались физическими, химическими и биологическими методами на основе контактных и бесконтактных методов измерения: ионо-, pH- и ОВП-метрии, СВЧ-спектроскопии, спектрофотометрии, аэроинометрии, химических и биологических реакций.

В качестве воды и водных растворов использовались: дистиллированная вода, вода питьевая различного состава и различной минерализации, слабоминерализованные водные растворы, алкогольные и безалкогольные напитки. Проведено исследование динамики неравновесных растворов при активации в диафрагменных и бездиафрагменных электролизерах, известной и собственной разработанной конструкции. Исследовано влияние (рис.18) активированных сред (вода, воздух) на биосистемы (разведение рыб из икринок [68], ферментативные реакции, проращивание семян [64], лечение больных [51], кровь и форменные элементы крови, гемолиз эритроцитов [45, 66, 74, 86], клетки [46], биоэлектрическую активность мозга [53]), раскисление почвы [63].



Ри.18. Влияние активированных сред (вода, воздух) на биосистемы.

Проведены исследования пространственного распределения аэроионов методами аэроинометрии в различных условиях – в закрытых помещениях с компьютерами, кондиционерами и без, с люстрами Чижевского, в городе, внутри самолетов – при посадке и взлете, в пассажирских вагонах, в различных географических и городских зонах. Зарегистрирована резкая деионизация воздуха вблизи дисплеев компьютеров. Регистрация концентрации различных типов аэроионов проводилось с использованием аэроиономера Ибрагимова "АИ-1". Отмечены принципиальные недостатки существующих конструкций аэроионизаторов и методов контроля различных аэроионов. В частности, обнаружено послойное распределение аэроионов под люстрой

Чижевского и неравномерное распределение их на различных расстояниях от нее, образующее форму широкого купола, вершиной которого является сама люстра. Около дисплея компьютера наблюдалась 3-х кратное превышение максимально допустимой дозы отрицательных ионов, а на расстоянии 1,5 м полное их отсутствие. Доказано – люстра Чижевского, являясь мощным источником лёгких отрицательных аэроионов, не даёт их равномерного оптимального распределения по помещению, что, в свою очередь, является предпосылкой для её дальнейшего совершенствования и создания новых разработок приборов для ионизации воздуха, лишённых этого недостатка. Зарегистрирована резкая деионизация в черте и над городами – в Москве, Новороссийске, Ижевске при замерах с использованием самолетов и ж/д пассажирского транспорта. Зафиксирована резкая деионизация в кабинах пилотов самолетов при взлете и посадке самолета.

Обнаружены эффекты бесконтактной активации жидкостей (БАЖ) – перевода жидкостей в неравновесное термодинамическое состояние в ходе различных физических, химических и биологических процессов. Эффект БАЖ заключается в изменении параметров равновесных жидкостей – их биологической активности и физико-химических свойств (pH, ОВП, электропроводности, поверхностного натяжения, вязкости, спектральных характеристик) без изменения их химического состава. При этом сами БА жидкости, отделены герметичными тонкостенными диэлектрическими перегородками от жидкостей, находящихся или находившихся в течение длительного времени под воздействием того или иного процесса (электролиза, УФО, химических или биохимических реакций). После прекращения воздействия наблюдается длительная релаксация параметров БАЖ (минуты, часы и сутки) к равновесным значениям. В частности, обнаружен и исследован эффект аномального изменения ОВП жидкостей, активируемых бесконтактно (рис.19) в электролите бездиафрагменного электролизера при его работе и после его выключения [19, 25, 28, 30, 38, 44, 45-48, 50…]. Аномальность явления заключается в значительном изменении ОВП ($\Delta \approx$-600 мВ) жидкостей, активированных бесконтактно, практически без изменения их pH ($\Delta \approx \pm 0{,}1$).

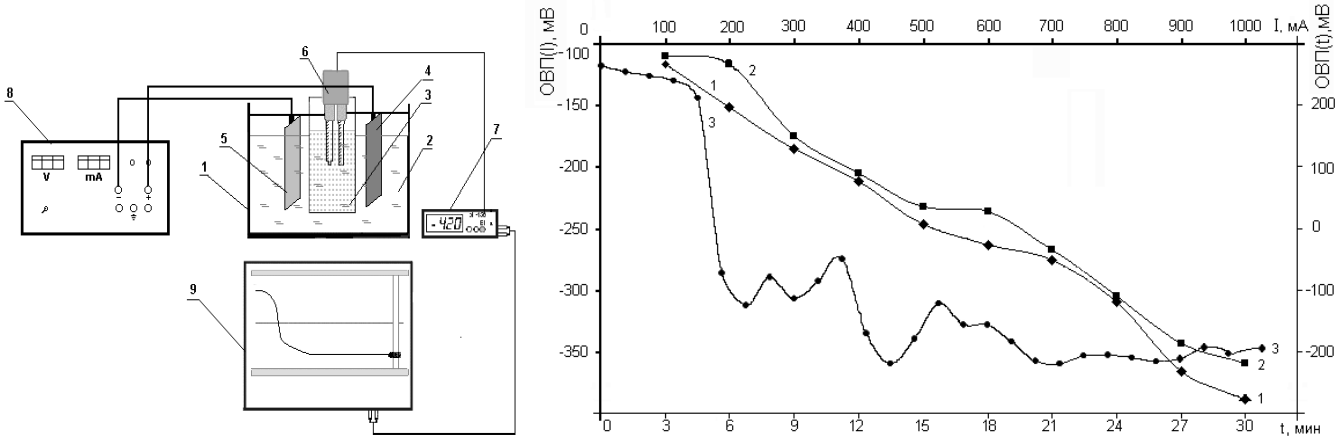


Рис.19. Схема установки для исследования БАЖ методами ОВП- и pH- метрии и характерные графики зависимостей ОВП: от тока (I) 1 – для физиологического раствора, 2 – для дистиллированной воды; от времени (t) 3 – для физиологического раствора при I=300 мА.

Проведено исследование БАЖ методами СВЧ [66] (Рис.20) и оптической – спектроскопии [73, 80] (Рис.21).

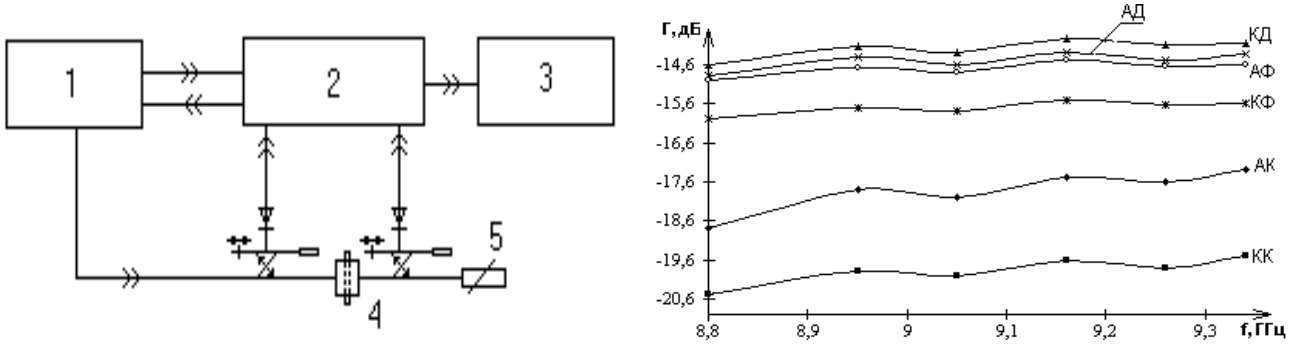


Рис.20. Блок – схема измерительной установки.1-генератор, 2-индикатор КСВН и ослабления, 3- самописец, 4-образец исследуемой жидкости, 5- согласованная нагрузка; графики зависимости коэффициента ослабления от частоты, КК, КФ, КД – контрольные кровь, физиораствор, Н2О; АК, АФ, АД – соответственно активированные [66].

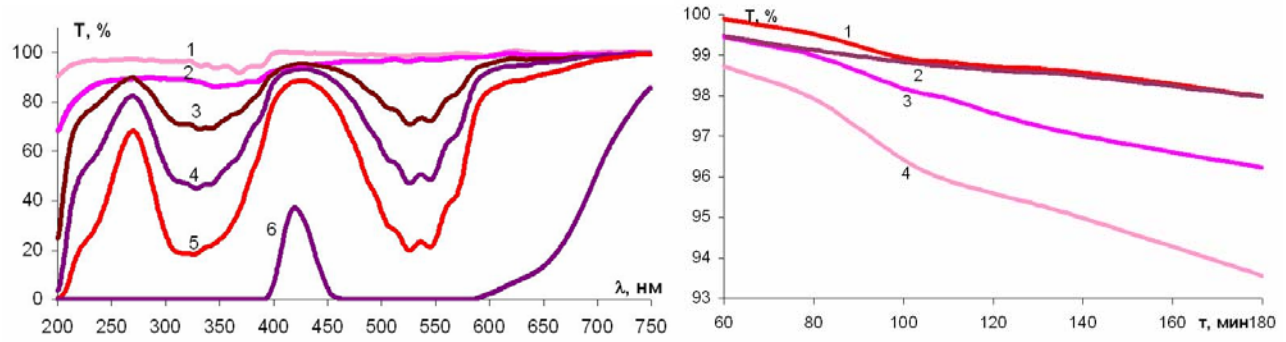


Рис. 21. Спектры пропускания бесконтактно активированных растворов перманганата калия разной концентрации 1-0,00009%, 2-0,0002%, 3-0,0017%, 4-0,0042%, 5-0,008%, 6-0,1% и временные срезы спектров для 5 образца в процессе активации. 1 – 500 нм, 2 – 528 нм, 3 – 470 нм, 4 – 390 нм [73, 80].

На рис. 22, 23 приведены результаты исследований [83] методами спектрального анализа неравновесных свойств контактно активированных жидкостей – анолита и АНК (анолит нейтральный катодно обработанный), полученных при электролизе с диафрагмой, и гипохлорита, полученного в бездиафрагменном электролизере.

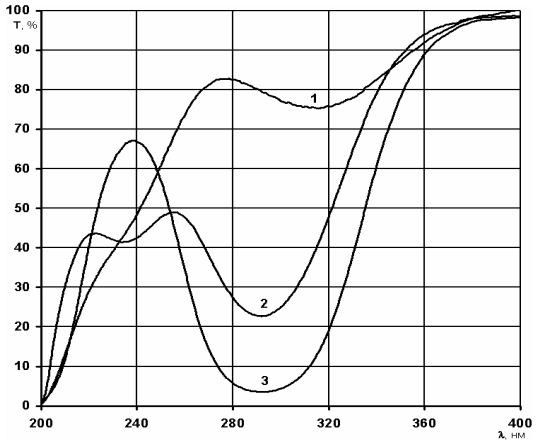


Рис. 22. Спектры поглощения контактно активированных растворов полученных при различных режимах электрохимического синтеза: 1 – анолит; 2 – АНК; 3 – гипохлорит.

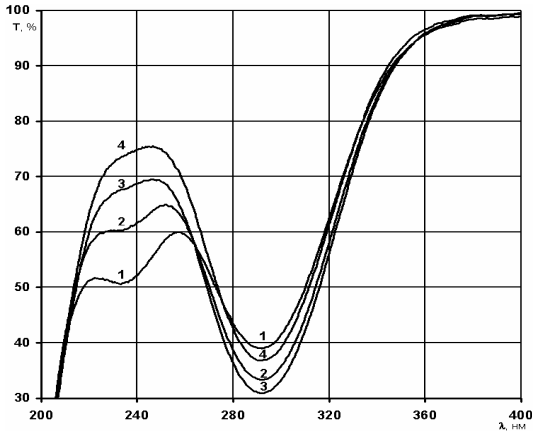


Рис. 23 Показательное изменение спектра поглощения раствора АНК с течением времени: 1 – в момент приготовления; 2 – сутки; 3 – 4 суток; 4 – 10 суток.

Обнаружены и исследованы методами ОВП-метрии эффекты бесконтактной активации жидкостей при химических и биохимических реакциях:

- растворение микрогидрина - капсул “долголетия” (рис.24), компонентов обычного проявителя для черно-белой фотографии (метолгидрохиноновый, фенидонгидрохиноновый) [44, 67]; чая, лекарственных препаратов;
- заражение препаратов крови [81] (рис.25) и воды [84] (рис.26), скисании молока [75] (рис.27).

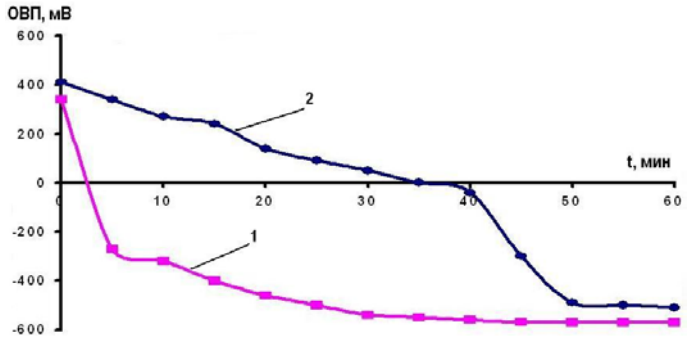


Рис. 24. Динамика ОВП раствора микрогидрина (1) и бесконтактно активируемой им дистиллированной воды (2) [44, 67].

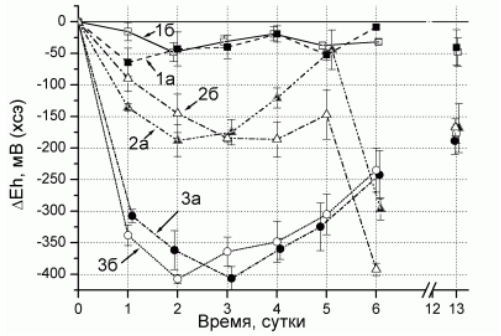


Рис. 25. Графики бесконтактного изменения ОВП дистиллированной воды свежеприготовленной суспензией эритроцитов 1-3: а – с добавлением

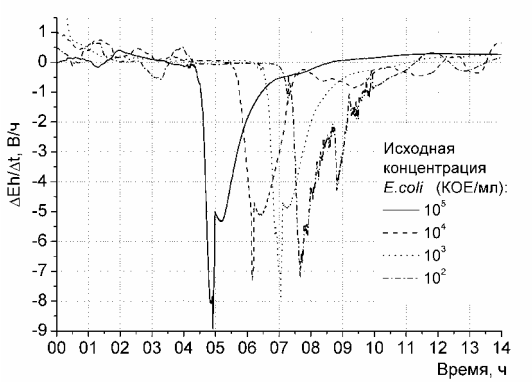


Рис. 26. Скорость изменения ОВП воды при бесконтактном действии на неё растущей культуры E.coli [84].

анолита ~ (10:1), б – без добавок; 2 (3) – с искусственным заражением микробами Lactobacillus plantarum ~ $4x10^5$, ($2x10^5$) на мл. [81].

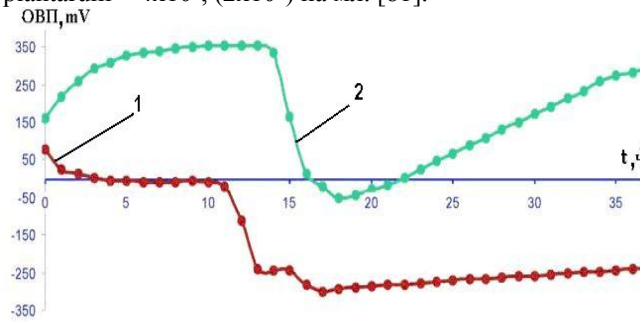


Рис. 27. Динамика ОВП скисающего молока (1) и бесконтактно активируемой им дистиллированной воды (2) [75].

Проведено исследование и обнаружено изменение физико-химических свойств бесконтактно активированных химических веществ [28, 30, 54, 88]. Предложен способ [28] и устройства [30] для получения новых веществ на основе активированных жидкостей, переведенных бесконтактно в неравновесное термодинамическое состояние (рис.28, 29).

Способ направлен на упрощение технической реализации ранее известных методов [Ц3-Ц6], повышение их эффективности, снижение энергоемкости и удешевление процессов кристаллизации веществ при улучшении качества конечного продукта. Способ включает воздействие сверхкогерентным излучением на кристаллизуемую жидкость, причем в качестве источника излучения используют другую жидкость, находящуюся в неравновесном термодинамическом состоянии с резонансной микрокластерной структурой и контактирующую с кристаллизуемой жидкостью непосредственно либо через промежуточную среду. В качестве источника излучения может использоваться активированная или активируемая, тем или другим физическим способом жидкость, например, бесконтактно. При этом может быть использована жидкость, активированная или активируемая посредством электролиза, с диафрагмой и без, а в качестве промежуточной среды - тонкая стенка, жидкость или их комбинации. Кроме того, на кристаллизуемую жидкость воздействуют излучением перед кристаллизацией и/или во время кристаллизации. Способ позволяет бесконтактно переносить свойства одних веществ при кристаллизации на другие, получать вещества с новыми свойствами и структурой.

Эффективность заявляемого способа подтверждена кристаллизацией различных веществ (NaCl, $KMnO_4$, Na_2CO_3, сплав Вуда, воск), полученных на основе процессов бесконтактной активации при электролизе водных растворах других веществ (рис.26, 27). Проведена регистрация и контроль физико-химических свойств полученных конденсированных сред на основе методов ОВП-метрии, рентгеновских, спектральных, микроскопических.



Рис.28. Микрофотографии твёрдых веществ полученных из бесконтактно активируемых кристаллизуемых жидкостей по способу [28] (патент RU 2316374).

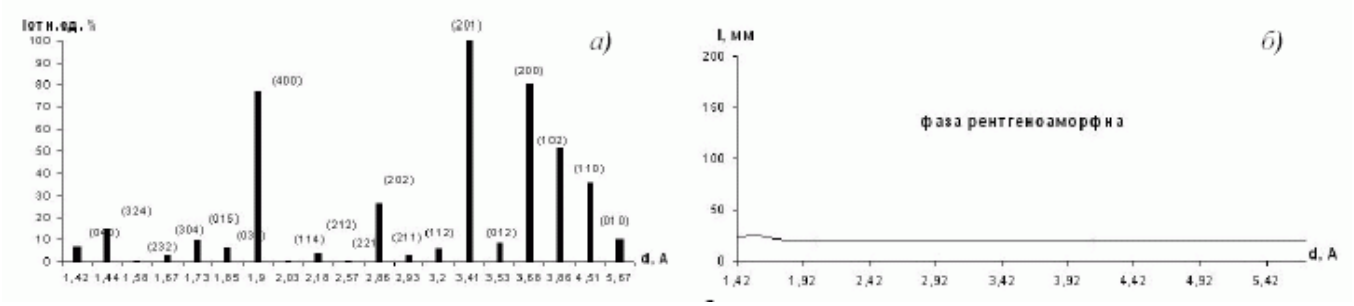
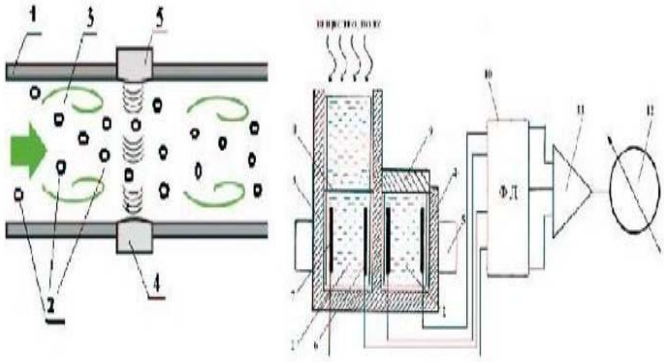


Рис. 29. Дифрактограммы образцов $KMnO_4$, полученных при выпаривании контрольного (а) и бесконтактно активированного (б) растворов.

Методы бесконтактной активации жидкостей в отличие от контактной активации жидкостей при электролизе позволяют получать термодинамические неравновесные жидкости с микрокластерными структурами с измененным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) практически без изменения их pH и химического состава.

Разработаны методы детектирования, визуализации кластерной структуры жидкостей на основе методов: ЭДС – метрии, СВЧ – спектроскопии, спектрофотомерии и УЗ − Доплер томографии (2007).



а б

Рис.30. Детектирование кластерной структуры и микрокластеров жидкости (а) и определение степени активности структурированной жидкости (б) (заявки на изобретение РФ №2007127133, 2007127132 от 16.07.2007).

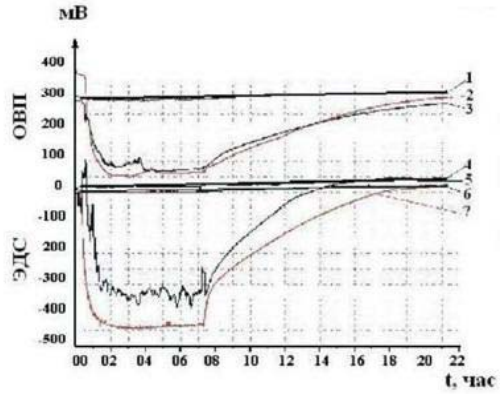


Рис.31. Определение степени активности структурированной жидкости по динамике ОВП (1-3), по ЭДС (4-6) образцов дистиллированной воды (2, 4, 5) и (1, 3, 6, 7) инфузионного раствора (1, 5, 6 – контрольные образцы, 2, 3, 4, 7 – активированные бесконтактно при электролизе без диафрагмы).

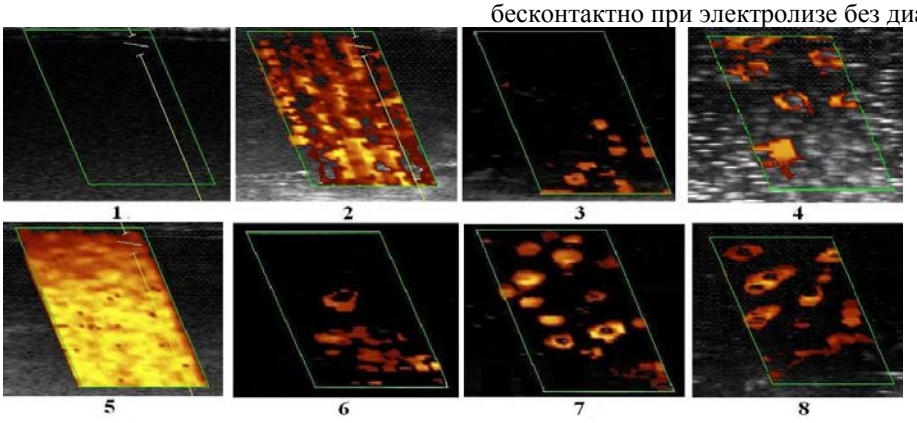


Рис.32. Детектирование резонансных микрокластеров (5…25 мм) в водных активированных растворах посредством УЗ - Доплер томографии: 1 − анолит кислый; 2 − католит щелочной; 3 − анолит нейтральный катодно обработанный (АНК); 4 – 0,3% водный раствор Na_2CO_3; 5 − дистиллированная вода; 6 − водка "Сарапульская"; 7 и 8 − дистиллированная вода. Растворы получены: (1-3) на установке "Изумруд-СИ" (мод. 03), (1-2) в режиме протоков анолит/католит 1:1; (4-5) на установке "Изумруд-СИ" (мод. 04). Растворы активированы: (4) контактно, (5) бесконтактно, (6) бесконтактно посредством УЗИ, (7) ультрафиолетовым излучением, (8) газообразными фракциями от взаимодействия Al с раствором HCl.

Разработан универсальный комплекс “Икар-Тест” для бесконтактной регистрации динамики химических, биохимических и физических процессов в водных растворах.

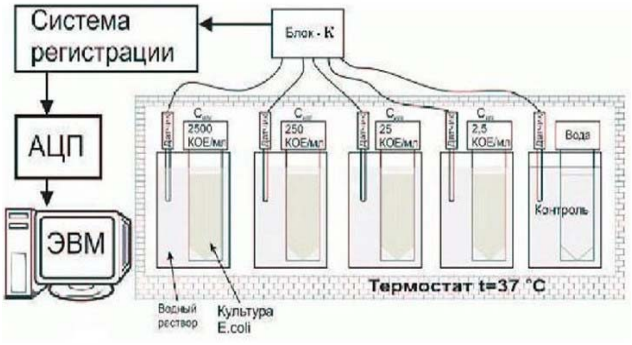


Рис.33. Комплекс “Икар-Тест” для бесконтактной регистрации динамики химических, биохимических и физических процессов.

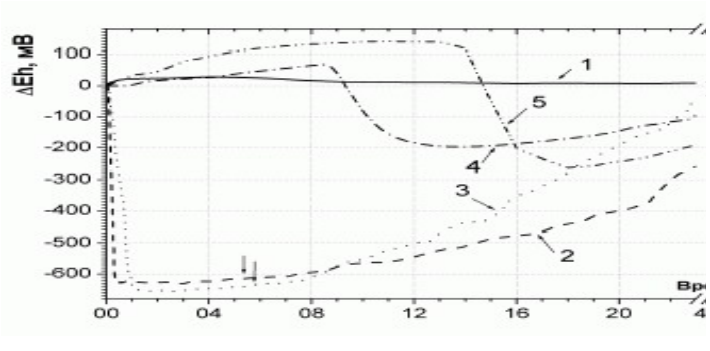
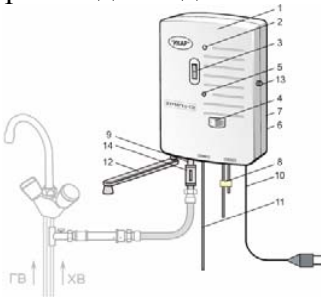


Рис.34. Примеры бесконтактной регистрации различных процессов: 1- инфузионный раствор (ИР) 0,9% NaCl (контроль); 2 - ИР при электролизе без диафрагмы; 3 – процесс растворения микрогидрина в H_2O; 4 - диагностика “заражения" питьевой воды бактериями E.coli (1 КОЕ/мл); 5 - динамика культуры молочнокислых бактерий в молоке.

<u>В главе 4</u> приведены результаты внедрения разработок приборов и средств контроля диссипативных неравновесных сред и веществ на основе нелинейных явлений в серийное производство для мониторинга и экологической безопасности.



"Изумруд-СИ" (мод.01) - установка для приготовления питьевой воды высокого качества с заданным минеральным составом и свойствами.

"Изумруд-СИ" (мод.02) - функции мод. 01 + регулирование pH и ОВП.

Рис. 35. мод.01, 02: 1 – корпус, 2 – индикатор работы установки в режиме доочистки питьевой воды, 3 – выключатель электропитания установки для мод. 01 или выключатель режима получения питьевых анолита и католита для мод .02, 4 – индикатор уровня минерализации воды, 5 – индикатор работы установки в режиме получения активированных растворов, 6 – вентиль управления регулирования потоков анолита и католита, 7 – вентиль регулировки подсоса минеральных добавок, 8 – шланги подсоса минеральных добавок, 9 – штуцер для подвода водопроводной воды к установке (красная метка), 10 – шнур электропитания, 11 – шланг выхода питьевого анолита, 12 – излив для выхода очищенной питьевой воды и католита (синяя метка), 13 –предохранитель сетевой 1 А , 14 – кран.

"Изумруд-СИ" (мод.01k) - установка коллективного пользования для обеспечения предприятий, учреждений и населения (медицинских, школьных и дошкольных учреждений, предприятий общественного питания и пищевой промышленности, жилых домов) питьевой водой высокого качества с заданным минеральным составом и свойствами.



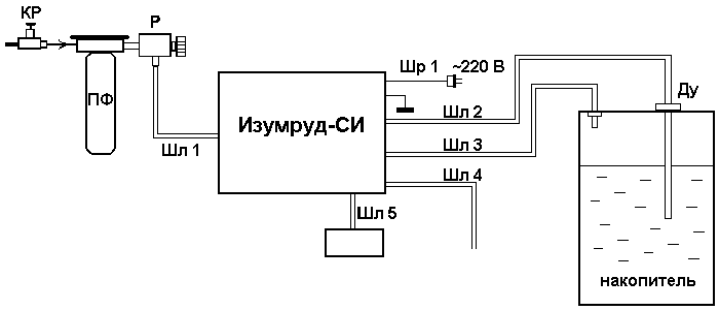


Рис.36. Внешний вид и схема подключения установки. КР - кран подачи водопроводной воды, Р – редуктор, ПФ – фильтр предварительный очистки воды, Шл1 - шланг подачи входной воды, Шл 2 - шланг датчика уровня воды в накопителе, Шл 3 - шланг выхода очищенной воды, Шл 4 - шланг слива технической воды, Шл 5 - шланг подсоса минеральных добавок, Шр1 - шнур электропитания установки, Ду - датчик уровня.

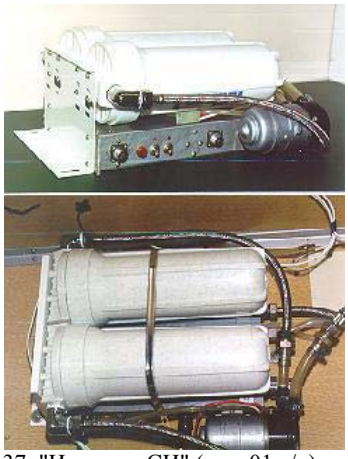


Рис.37. "Изумруд-СИ" (мод.01ж/д) - установка для пассажирских вагонов с питанием от бортовой сети, позволяющая получать в дорожных условиях: питьевую воду с заданным составом и свойствами.



Рис.38. "Изумруд-СИ" (мод.01d) - установка для офисов и учреждений с численностью до 100 человек, позволяет получать питьевую воду с заданным составом и свойствами комнатной температуры, а так же горячую и охлажденную.



Рис.39. "Изумруд-СИ" (мод. 01-300) - установка для получения ионизированного душа, ванн, бассейнов, джакузи, питьевой воды с отрицательным ОВП и с заданным минеральным составом (ΔОВП ≈ -300 мВ, T≈4…40^{0}C, $\Delta V/\Delta t$≈300…400 л/ч)

"Изумруд-СИ" (мод.01os) - установка для приготовления питьевой ионизированной воды высшей категории качества с заданным минеральным составом (Ca^{++}, Mg^{++}, йод ...) и антиоксидантными свойствами (pH, отрицательным ОВП). Установка оснащена встроенным контроллером, дисплеем, тремя проточными датчиками с двухуровневой системой индикацией - слежения за работой систем: осмоса (очистки), активации (ионизации воды), минерализации (оптимизации минерального состава) питьевой воды. Мод.01os лишена всех недостатков присущих системам обратного осмоса. Вода на выходе после установок обратного осмоса является: дистиллированной (деминерализованной) и непригодной для питья; деионизированной, окислительной, т.к. ее ОВП (Redox-потенциал) положительный (~ 200 мВ); и ее структура несет на себе "информационный отпечаток канализационных труб, зараженных слизью и грязью", что чревато последствиями для людей с ослабленным иммунитетом.



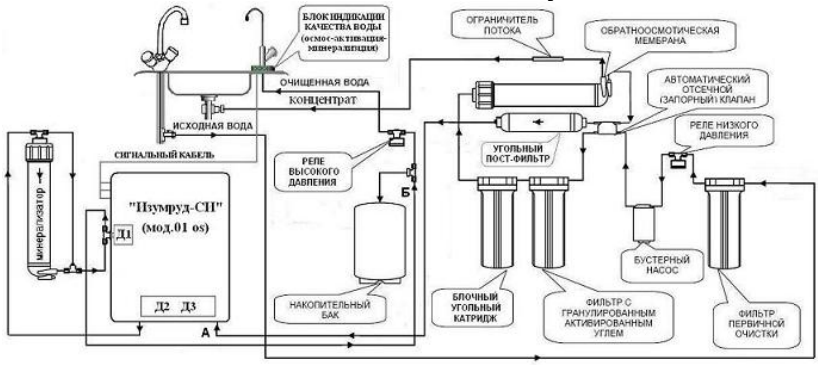
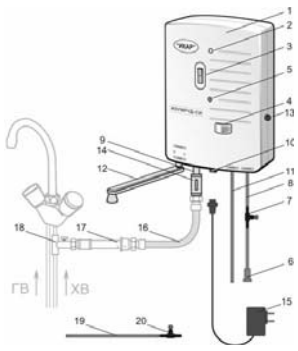


Рис.40. "Изумруд-СИ" (мод.01os) – внешний вид и схема подключения установки. КР - кран подачи водопроводной воды, Р – редуктор, ПФ – фильтр предварительный очистки воды, Шл1 - шланг подачи входной воды, Шл 2 - шланг датчика уровня воды в накопителе, Шл 3 - шланг выхода очищенной воды, Шл 4 - шланг слива технической воды, Шл 5 - шланг подсоса минеральных добавок, Шр1 - шнур электропитания установки, Ду - датчик уровня.



"Изумруд-СИ" (мод.03) - функции мод. 02 + получение моющих, дезинфицирующих, стерилизующих растворов.

Рис.41. "Изумруд-СИ" (мод.01os) – внешний вид: 1 – корпус; 2 – индикатор работы установки в режиме активации воды; 3 – выключатель режима получения анолита и католита; 4 – индикатор тока при работе в режиме получения активированных растворов; 5 – индикатор работы установки в режиме получения активированных растворов; 6 – фильтр раствора; 7 – вентиль регулировки подсоса минеральных добавок и раствора NaCl; 8 – шланг подсоса минеральных добавок и раствора NaCl; 9 – штуцер для подвода водопроводной воды к установке; 10 – разъём для подключения блока питания; 11 – шланг выхода анолита; 12 – излив для выхода очищенной питьевой воды и католита; 13 – гнездо предохранителя 10 А (может отсутствовать в установках с самовосстанавливающимся предохранителем); 14 – регулировочный кран; 15 – блок питания (с предохранителем на 2 А); 16 – шланг (длинный); 17 – фильтр МФГ; 18 – кран; 19 – трубка удлинитель; 20 – регулировочный кран потоков.



Рис.42. "Изумруд-СИ" (мод.03u) – лабораторный учебно-исследовательский – методический стенд на основе универсальной установки "Изумруд-СИ" (мод.03)для контактной активации жидкостей: приготовления питьевой воды высокого качества с заданным минеральным составом и свойствами; получения моющих, дезинфицирующих, стерилизующих растворов; изучения их свойств, разработки новых технологий.



Рис.43. "Изумруд-СИ" (мод.04c) - установка (бытовой санитарно-гигиенический вариант) для контактной и бесконтактной активации жидкостей - получения активированных конденсированных сред (веществ, жидкостей); профилактики заболеваний; приготовление питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества: 1 – контейнер; 2 – крышка контейнера; 3, 4 – пластиковые стаканы; 5 – пакет с раствором для инфузий; 6 – активатор; 7 – блок питания.



Рис.44. "Изумруд-СИ" (мод.04u) - лабораторный учебно-исследовательский-методический стенд на основе установки "Изумруд-СИ" (мод.04c) для контактной и бесконтактной активации жидкостей: приготовления питьевой воды высокого качества с заданным минеральным составом и свойствами; получения моющих, дезинфицирующих, стерилизующих растворов; изучения их свойств, разработки новых технологий.

Рис.45. "Изумруд-СИ" (мод.04uni) - универсальное устройство для: получения активированных конденсированных сред (веществ, жидкостей) с уникальными физико-химическими и биологическими свойствами; экспресс диагностики и регистрации заражения жидкостей, оптимизации динамики химических, биохимических и физических процессов на основе бесконтактной активации жидкостей; диагностики, профилактики и лечения; приготовление питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества.

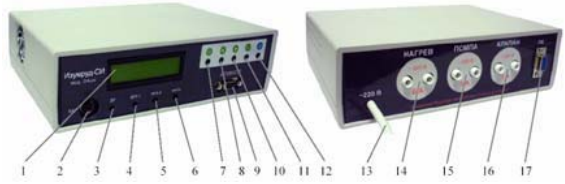


Рис. Центральный блок.

1. Дисплей.
2. Вход датчика температуры (^oC).
3. Вход датчика уровня (ДУ).
4. Вход основного датчика активации (ДСА-1).
5. Вход дополнительного датчика активации (ДСА-2).
6. Вход датчика электропроводности (мкСм).
7. Кнопка "Выход".
8. Кнопка "Назад".
9. Разъем подключения активатора.
10. Кнопка "Вперед".
11. Кнопка "Меню".
12. Кнопка "Горячая клавиша".
13. Сетевой кабель.
14. Разъем подключения нагревателя.
15. Разъем подключения водяной помпы.
16. Разъем подключения клапана долива воды.
17. Разъем подключения ПК.

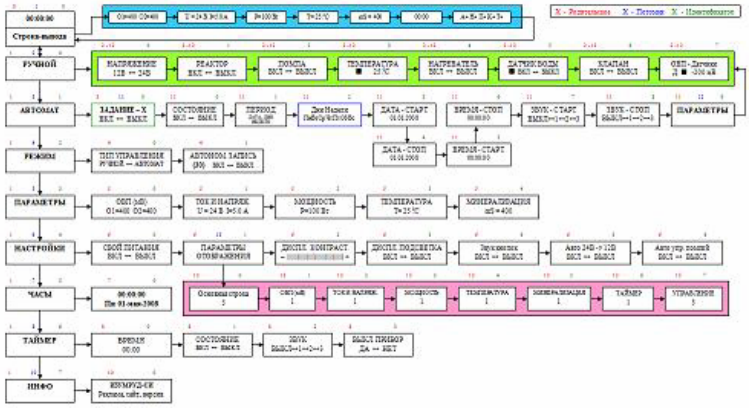
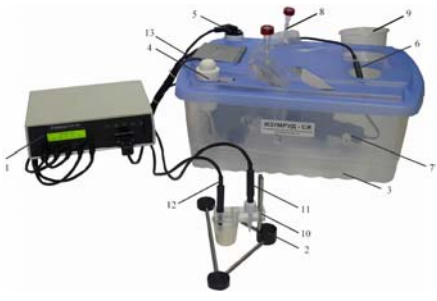


Рис. Вид основного меню.

Рис.46. Возможный вариант сборки для бесконтактной активации водных растворов: 1- центральный блок, 2 - подставка (стойка), 3 - штатный контейнер, 4 – нагреватель, 5 - датчик уровня, 6 - датчик активации, 7- активатор в сборе с помпой и фильтром, 8 - пакеты с инфузионными растворами, 9 - стаканы с растворами, 10 – кронштейн, 11 - датчик минерализации, 12 - датчик активации, 13 - датчик температуры (погружен в раствор внутри контейнера).



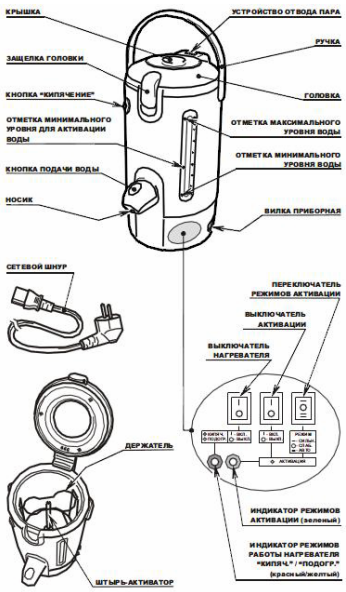

мод. 01

мод. 02

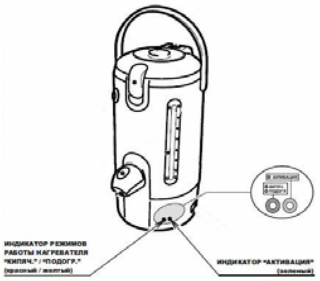
мод.03

мод. 04

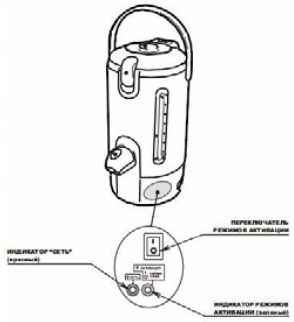
Рис.47. "ЛЧ-1" - (компактный бытовой плазматрон – лампа Чижевского) санитарно-гигиенический прибор для обогащения воздуха помещений легкими отрицательными ионами и компенсации аэроионной недостаточности на рабочих местах пользователей ПЭВМ, для аэроионотерапии и ионизации воздуха в помещениях, защиты от "дисплейной болезни". Модификации прибора: мод. 01 – универсальный переносной, мод. 02 - встраиваемого в потолочные, стеновые панели, мод. 03 - встраиваемого в 5" отсек системного блока компьютера, мод. 04 – настольный вариант.
мод.01 – бытовой; мод.02 – аэроионизатор для подвесных потолков; мод.03 – аэроионизатор компьютерный.



"Влада" (мод. 3.2)



"Влада" (мод. 3.1)



"Влада" (мод. 3.3)

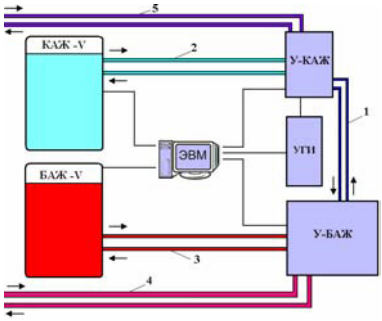
Рис.48. "Влада" –

Электротермос – активатор:

для контактной и бесконтактной активации водных растворов, разработка ЗАО НИЦ "ИКАР", выпускается ОАО "Дальприбор" (http://www.dalpribor.ru):

- мод. 3.1 - для холодной активации, активирует холодную питьевую воду;
- мод. 3.2 - для горячей активации, активирует и одновременно кипятит питьевую воду;
- мод. 3.3 - универсальная модель, совмещает в себе функции двух предыдущих, кипятит и активирует горячую и холодную питьевую воду.

Рис.49. "Изумруд-СИ" (мод. nml) – промышленные автоматизированные модули установки для контактной и бесконтактной активации водных растворов, приготовления: питьевой воды с заданным минеральным составом и свойствами, моющих, дезинфицирующих, стерилизующих растворов высокого качества.



Получение из минерализованной воды (морской, речной и артезианской) активированных жидкостей без использования химических реагентов и при минимальных энергетических, эксплуатационных и капитальных затратах. ЭВМ - управляющая; У-КАЖ - устройство для контактной активации жидкостей; У-БАЖ - устройство для бесконтактной активации жидкостей; УГИ - управляемый генератор импульсов; БАЖ-V, КАЖ-V накопители для активируемых жидкостей; 1,2,3,4 и 5 линии (возможного) движения КАЖ и БАЖ. Варианты включения комплекса: {1,4}; {1,3}; {2,1,3}; {5,1,4}, {1}; {5}; {2};{2,1,4}.

Области применения:

- обессоливание воды (морской, речной и артезианской);
  обеззараживание воды и водных растворов;
- получение моющих, дезинфицирующих и стерилизующих растворов;
- приготовление питьевой воды с заданным минеральным составом и с антиоксидантными свойствами, отрицательным ОВП (Re-Dox) из исходной воды;
- получение инфузионных и диализных растворов с антиоксидантными свойствами.



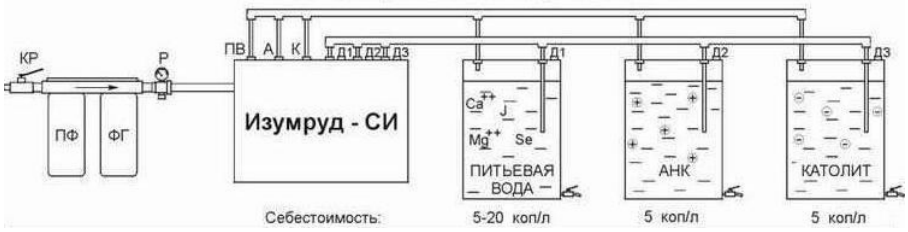
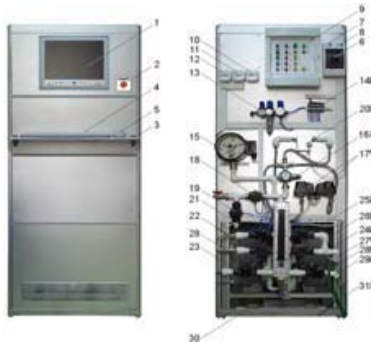


Рис. 50. Внешний вид и схема подключения модуля **установки (мод.80-80-80) для** приготовления: питьевой воды с заданным минеральным составом и свойствами, моющих, дезинфицирующих, стерилизующих растворов высокого качества.



Промышленный автоматизированный модуль "Ирма" с производительностью от 4000 л/сутки для получения моющих, дезинфицирующих и стерилизующих растворов высокого качества.

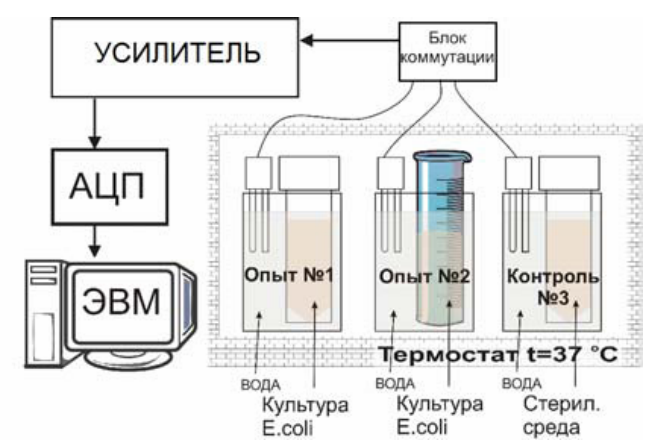
Рис.51. "Изумруд-СИ" (мод.0-200-0).



Промышленный автоматизированный модуль "Икар-Актив" с производительностью 200 л/ч для контактной и бесконтактной активации водных растворов.

Рис.52. "Изумруд-СИ" (мод.0-200-200).

Разработан универсального комплекса "Икар-Тест" для бесконтактной экспресс диагностики заражения крови, водных растворов и регистрации динамики физических, химических и биохимических процессов.



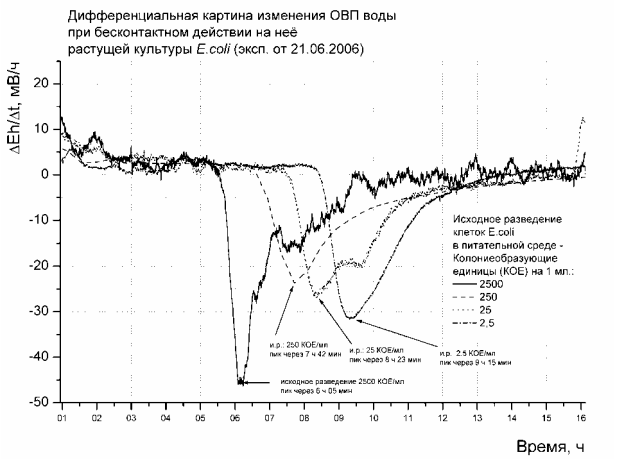


Рис.53. “Икар-Тест”.

Разработан и внедрен в России и за рубежом компактный, передвижной лечебно-профилактический АВИК-комплекс (Аэро-, Водо-, Ионо-, Квч- терапия) с высокоэффективными методиками для диагностики, профилактики и лечения с гарантией - на основе резонансного воздействия полей от ионов, молекул воздуха и воды и генераторов на организм человека.

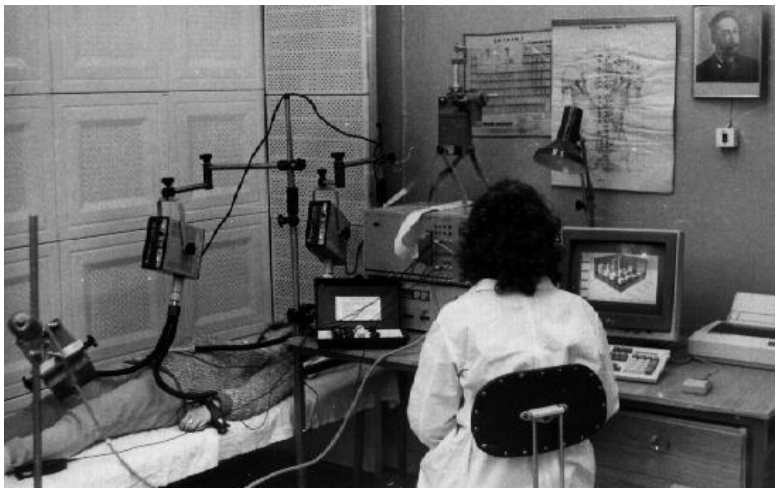


Рис.54. “АВИК” – универсальный, компактный, передвижной лечебно-профилактический комплекс (Аэро-, Водо-, Ионо-, Квч-терапия) с методиками для диагностики, профилактики и лечения с гарантией: желудочно-кишечного тракта, лор, сердечно-сосудистой системы, кожи (в том числе ожоги), гинекологические, урологические, онкологические, опорно-двигательного аппарата, стоматологические, неврологические, психические, хирургические.

Состав АВИК-комплекса по резонансной терапии:

1. Аппараты КВЧ-терапии "Явь-1" со штативами и с диагностическим прибором для поиска и определения БАТ.
2. Комплекс аппаратов КВЧ-терапии "ЯРМАРКА" с диагностическим прибором для поиска и определения БАТ.
3. Аппараты КВЧ-терапии "ЯСНОСТЬ" - для тяжелобольных.
4. Комплект насадок - волноводов к "Явь-1", защитная заглушка-аттенюатор для приборов "Явь", индикатор мощности для приборов по КВЧ-терапии.
5. Аэроионизатор "ЛЧ-1" для аэроионотерапии.
6. Универсальная установка "Изумруд-СИ" (мод.01os, мод.03, 04c, 04uni) контактной и бесконтактной активации жидкостей, приготовления питьевой воды с заданным минеральным составом и свойствами и получения на ее основе: моющих, дезинфицирующих и стерилизующих растворов, ионизированного душа, ванн.
7. Установка для обеззараживания воды в плавательных бассейнах.

8. Приборы для контроля и диагностики на основе пульс-диагностики, спектрофотометрии, ЭДС и ОВП метрии.
9. Методические руководства по: КВЧ-терапии (тома 1 , 2, 3); аэроионотерапии, водоионотерапии.
10. Компьютеризированная база данных для кабинетов по Аэро-, Водо-, Ионо-, КВЧ- терапии.

В Заключении сформулированы основные результаты работы.

В работе изложены научно обоснованные технические и технологические решения разработки новых методов и средств контроля сред и веществ на основе нелинейных явлений в неравновесных системах, систем экологической безопасности и мониторинга природной среды: способов и устройств для получения и регистрации параметров неравновесных сред – активированных водных растворов, питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества, новых веществ; лечебно-профилактичесих и диагностических комплексов, широкомасштабное внедрение которых в практику позволит увеличить научно-технический потенциал страны и внести значительный вклад в развитие ее экономики, здравоохранения. Серийное производство разработанных технологий, установок и систем, их применение в различных областях подтверждает важность и актуальность поставленных и решенных задач для повышения безопасности эко-, био- и техносфер нашей жизни.

1. Развиты методологические основы резонансной теории нелинейных динамических систем на основе принципа наименьшего действия. Предложены простые математические и физические модели неравновесных систем. Разработан метод, позволяющий в аналитическом виде, с необходимой степенью точности, находить области динамической устойчивости неустойчивых состояний сложных многокомпонентных нелинейных систем физической природы вне и в условиях резонанса. Проведен анализ динамики модельных неравновесных систем вне и в зонах нелинейного параметрического резонанса с $\omega_0=\omega_0\{\varepsilon_i(x_k,\ \theta_l,\ \omega t)\}$, где x_k, θ_l – трансляционные и вращательные степени свободы. Проанализированы вопросы динамической устойчивости неустойчивых состояний, бифуркации, хаоса, дискретности, эволюции нелинейных динамических систем. Доказана возможность (на основе решения проблемы "$1/R^3$") возникновения уединенных вихрей и резонансных микрокластеров (РМ) - устойчивых резонансных состояний движений в системе из двух и более осциллирующих диполей за счет нелинейного параметрического резонанса. Рассмотрены задачи построения систем экологической безопасности и мониторинга природной среды на основе нелинейных неравновесных сред с единой точки зрения – экстремальности резонансных состояний движения в природе. Доказано, что резонансные механизмы, устройства и резонансные технологии имеют КПД ~100 % и являются наиболее оптимальными и перспективными для техники, производства и исследований в физике, химии, биологии и медицине.

2. Разработаны физико-химические и биологические основы получения и применения неравновесных сред: исследованы процессы возникновения неравновесных сред при электролизе, химических, биохимических и физических процессах; открыто новое явление – эффект бесконтактной активации водных растворов при электролизе без диафрагмы; выявлены и проанализированы особенности контактной и бесконтактной активации жидкостей; исследовано влияние активированных сред (вода, воздух) на биосистемы (проращивание семян, разведение рыб из икринок, клеток, форменных элементов крови, при лечении больных).

3. Развит способ исследования, измерений, разработаны датчики ЭДС для решения задач диагностики и регистрации свойств и параметров неравновесных сред, отличающиеся высокой производительностью измерений.

4. Разработаны методы детектирования, визуализации кластерных структур в неравновесных жидкостях на основе методов: СВЧ – спектроскопии, спектрофотомерии и УЗИ - Доплер томографии.

5. Разработан универсальный комплекс "Икар-Тест" для бесконтактной экспресс-диагностики заражения крови, воды и регистрации динамики химических, биохимических и физических процессов в водных растворах.

6. Разработаны устройства и способы, промышленные и бытовые установки для получения неравновесных сред – контактно и бесконтактно активированных жидкостей: биологически активной питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества; установки серии "Изумруд-СИ" (мод. 01-03, 04, nml).

7. Разработаны способ и устройства для получения нового класса твердых веществ на основе бесконтактной активации жидкостей.

8. Разработаны компактные устройства для получения неравновесных газообразных сред – аэроионизаторы “ЛЧ-1”, мод. 01 – переносной, мод. 02 - для подвесных потолков, мод. 03 – встраиваемый в компьютер.

9. Разработан универсальный лечебно-профилактический АВИК-комплекс (Аэро-, Водо-, Ионо-, Квч-терапии) с методиками для диагностики, профилактики и лечения с гарантией.

В Литературе приведен список использованных публикаций, список патентов и публикаций автора.

В Приложениях приведены материалы, подтверждающие использование разработанных систем экологической безопасности и мониторинга на основе нелинейных неравновесных сред для серийного производства, в лечебно-профилактических, исследовательских, учебных, офисных и производственных учреждениях России и ряда зарубежных стран, в учебном процессе.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ

Монография

1. Широносов В.Г. Резонанс в физике, химии и биологии. Монография / В.Г. Широносов. − Ижевск: Издательский дом “Удмуртский университет”, 2001. − 92 с. http://www.ikar.udm.ru/sb22.htm

Основные публикации и патенты из списка, рекомендованного ВАК:

2. Филатов. А.И., Широносов В.Г. О необходимости учета магниторезонансных сил при экспериментальном изучении нелинейного ферромагнитного резонанса в незакрепленных образцах. – Изв. вузов, Физика, № 1, 1977, с.138-139.
3. Филатов А.И., Широносов В.Г. Ответ авторов В.Е. Шапиро. – Изв. вузов, Физика, № 8, 1978, с.154.
4. Широносов В.Г. Генератор медленной развертки. - ПТЭ, 1979, N 5, с. 151- 152.
5. Широносов В.Г. Увеличение чувствительности пондеромоторных ваттметров с помощью ферромагнитного резонанса. – Радиотехника, 1980, т. 35, № 5, с. 64.
6. Широносов В.Г. Электромагнитное резонансное давление и момент сил. – УФЖ, 1980, т. 25, № 10, с. 1742-1744.
7. Широносов В.Г. О необходимости учета пондеромоторного момента сил при изучении нелинейного ферромагнитного резонанса в анизотропных образцах. – ЖТФ, 1981, т. 51, вып. 1, с. 192-193.
8. Широносов В.Г. Эффект резонансного захвата спиновых частиц. – ЖТФ, 1983, т. 53, вып. 7, с. 1414-1416.
9. Широносов В.Г. Задача двух магнитных диполей с учетом уравнений движений их спинов. – Изв. вузов, Физика, 1985, т. 28, № 7, с. 74-78.
10. Широносов В.Г., Кузьмин С.В. Аналоговое моделирование динамики магнитного диполя в неоднородном магнитном поле. – ЖТФ, 1987, т. 57, вып. 3, с. 583-585.
11. Широносов В.Г., Суслопаров В.М. Устойчивость стационарного движения магнитного волчка в неоднородном магнитном поле. – ЖТФ, 1987, т. 57. вып. 4, с. 785-787.
12. Широносов В.Г. Простой метод решения уравнения движения маятника с колеблющейся точкой подвеса.- ВИНИТИ, 14.11.88 г., N8071, В88,1988.
13. Бонштедт А.В., Широносов В.Г. Резонансное удержание частиц с собственным магнитным моментом в переменном неоднородном магнитном поле. – Письма в ЖТФ, 1989, т. 15, № 5, с. 82-85.
14. Широносов В.Г. Об устойчивости неустойчивых состояний, бифуркации, хаосе нелинейных динамических систем. – ДАН СССР, 1990, т. 314, № 2, с. 316-320.
15. Широносов В.Г. О маятнике П.Л. Капицы вне и в зоне параметрического резонанса. – ЖТФ, 1990, т. 60, вып. 12, с. 1-7.
16. Широносов В.Г., Минаков В.В., Широносов О.В., Широносова Г.И., Иванов В.Б. Приготовление питьевой воды высшего качества: анализ и перспектива. – Экология и промышленность России, март 2008, с. 4-7. http://ikar.udm.ru/sb43-1.htm
17. Широносов В.Г., Карижский П.А. Устройство для электрохимической обработки жидкости. Патент на изобретение РФ 2076073, от 9.08.1995 .
18. Широносов В.Г., Карижский П.А., Ветошкин И.П. Устройство для электрохимической обработки жидкости. Патент на изобретение РФ 2092442 от 16.10.1995.

19. Широносов В.Г., Карижский П.А., Ветошкин И.П. Устройство для электроактивации жидкости (варианты). РФ 0002811 от 31.08.1995.
20. Широносов В.Г., Ворончихин О.В. Стабилизатор тока для устройств электрохимической обработки воды. Патент на изобретение РФ 0012300 от 28.06.1999.
21. Широносов В.Г. Минаков В.В. Устройство для электрохимической обработки воды (варианты). Патент на изобретение РФ 0012120 от 28.06.1999.
22. Широносов В.Г., Широносов Е.В. Устройство для бесконтактной активации жидкости. Патент на изобретение РФ 2194017 от 10.04.2000.
23. Широносов В. Г., Иванов В. Б. Система водоснабжения. Патент на изобретение РФ 0024214 от 14.02.2002.
24. Иванов В. Б., Минаков В. В., Широносов В. Г. Система водоснабжения. Патент на изобретение РФ 0023302 от 08.01.2002.
25. Широносов В.Г. Способ получения твердого вещества из кристаллизуемой жидкости. Патент на изобретение РФ 2316374 от 19.11.2004.
26. Широносов В.Г., Минаков В.В., Широносов О.В. Аэроионизатор (варианты). Патент на полезную модель РФ 0044514 от 19.11.2004.
27. Широносов В.Г., Курганович В.С. Устройство для активации жидкости. Патент на изобретение РФ 2299859 от 19.09.2005.
28. Широносов В.Г. Устройство для активации жидкостей. Патент на изобретение РФ 0074909 от 20.11.2007.

Поданы заявки на изобретения

29. Широносов В.Г. Способ определения активности структурированной жидкости. Заявка на изобретение РФ №2007127132 от 16.07.2007. Международная заявка на изобретение по PCT A18058 от 14.07.2008.
30. Широносов В.Г., Кузнецов Е.В. Способ детектирования кластерной структуры и микрокластеров жидкости. Заявка на изобретение РФ №2007127133 от 16.07.2007. Международная заявка на изобретение по PCT A18056 от 14.07.2008.
31. Широносов В.Г. Устройство для активации жидкостей. Международная заявка на изобретение по PCT A18057 от 20.11.2008 (Патент на полезную модель РФ 0074909).
32. Мирсаетов О.М., Чирков Н.А., Абашеев Р.Б. Широносов В.Г. Способ приготовления полимерного раствора. Заявка на изобретение РФ №2006129609/04(032171) от 15.08.2006.

Наиболее значимые труды в других изданиях:

33. Широносов В.Г. О новых компонентах силы, действующей на ферромагнетик при резонансе. - в сб. Тезисы докладов Всес. конф. по физ. маг. явлений, Харьков, 26-29.09.79 г., 1979, Харьков, с. 259.
34. Широносов В.Г. Пондеромоторные эффекты при наблюдении нелинейного ферромагнитного резонанса в анизотропных образцах. ВИНИТИ, N 035-79. Деп. (1979), 13 с.
35. Широносов В.Г. О необходимости учета пондеромоторного момента сил при изучении нелинейного ферромагнитного резонанса в анизотропных образцах. ВИНИТИ, N 3110-79, Деп. (1979), 7 с.
36. Широносов В.Г., Бонштедт А.В. Пространственное разделение частиц с магнитным моментом в неоднородном переменном магнитном поле. - В сб. Тезисы XVIII Всес. конф. по физ. маг. явлений, Калинин, 3-6.10.88 г., 1988, с. 886-887.
37. S. Dubrovski, V.G. Shironosov. CAS use for nonlinear particle dynamic analysis. - IV International conference on computer algebra in physical research. Dubna 22-26 May, 1990. p. 76.
38. Широносов В. Г. Физические основы резонансной активации воды. Материалы 1-го Международного симпозиума по электроактивации, г. Москва, 4-5 ноября 1997 г., стр. 220-221. (http://www.ikar.udm.ru/sb1-2.htm)
39. Широносов В.Г., Широносов Е.В. Опыты по бесконтактной активации воды. Сб. тез. докл. 2-го Международного симпозиума. Электрохимическая активация в медицине, с/х, промышленности. – М.; ВНИИИМТ НПО “ЭКРАН”. 1999. ч. 1. с. 66. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-12.htm)
40. Минаков В.В., Широносов В.Г., Широносова Г.И. "Изумруд-СИ" - универсальная бытовая установка для получения активированных растворов и питьевой воды с заданным составом и свойствами. Сб. тез. докл. 2-го Международного симпозиума. Электрохимическая активация в медицине, с/х, промышленности. – М.; ВНИИИМТ НПО “ЭКРАН”. 1999. ч. 2. с. 334. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-13.htm)
41. Дубровская О.А., Зинатуллина Л.И., Широносов В.Г. Исследование распространения легких отрицательных аэроионов в помещении с люстрой Чижевского. В сб. Тезисы докладов

Международного совещания "Жизнь и факторы биогенеза". Отв. ред. В.В. Туганаев, Ижевск. Изд-во Удм. ун-та, 1999, с.60-61. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-11.htm)

42. Минаков В.В., Широносов В.Г., Широносова Г.И. Мобильный АВИК-комплекс - микрополиклинника для лечения с гарантией. Сб. тез. докл. 7-го Международного симпозиума “Информационно-технологическое и медицинское обеспечение защиты населения и окружающей среды в чрезвычайных ситуациях”. Кипр - Проторас, 29.04-6.05 2000. -М.; 2000. с. 143-144. (sb21.htm)
43. Широносов В.Г., Широносов Е.В. Вода, Излучение, Жизнь. Сб. тез. докл. 7-го Международного симпозиума “Информационно-технологическое и медицинское обеспечение защиты населения и окружающей среды в чрезвычайных ситуациях”. Кипр - Проторас, 29.04-6.05 2000. -М.; 2000. с. 42-45. (http://www.ikar.udm.ru/sb21.htm)
44. Минаков В.В., Сырчин С.В., Широносов В.Г., Широносова Г.И. "Изумруд-СИ" (R1-3). Универсальная мобильная установка для получения: активированных растворов и питьевой воды с заданным составом и свойствами. Сб. тез. докл. 7-го Международного симпозиума “Информационно-технологическое и медицинское обеспечение защиты населения и окружающей среды в чрезвычайной ситуациях”. Кипр, Проторас, 29.04-6.05.2000. -М.; 2000. с. 168-170. (http://www.ikar.udm.ru/sb21.htm)
45. Широносов В.Г., Дубровская О.А., Муллахметов Р.Ф., Феномен бесконтактной активации при электролизе, от микрогидрина и при химических реакциях. Сб. тезисов III Международного симпозиума “Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности”. Москва, 2002. с.41-46. (http://www.ikar.udm.ru/sb28-1.htm)
46. Широносов В. Г., Меньшикова С. Г., Широносов Е. В. Бесконтактная активация крови. Сб. тезисов III Международного симпозиума “Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности”. Москва, 2002. с.110-114. (http://www.ikar.udm.ru/sb28-1.htm)
47. Казанкин Д. С., Широносов В. Г. Исследование влияния бесконтактно активированной воды на электрокинетические свойства дрожжевых клеток. Третий международный симпозиум. "Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности". Москва, 28-29 октября 2001 г. Доклады и краткие сообщения. М.: ВНИИИМТ, 2002, с. 190-194. (http://www.ikar.udm.ru/sb33-2.zip)
48. Широносов В.Г. Феномен живой воды и его простое объяснение. Сб. тезисов XIII Международного симпозиума “Международный год воды 2003”, Австрия, 2003. с. 246 – 249. (http://www.ikar.udm.ru/sb28-1-3.htm)
49. Широносов В.Г. Бесконтактная активация инфузионных растворов, лекарственных веществ. Сб. тезисов XIII Международного симпозиума “Международный год воды 2003”, Австрия, 2003. с. 250-252. (http://www.ikar.udm.ru/sb28-1-4.htm)
50. Широносов В.Г., Широносова Г.И., Минаков В.В., Иванов В.Б. Установки и системы экологической индивидуальной и коллективной безопасности для дома, офиса и больницы. Сб. тезисов XIII Международного симпозиума “Международный год воды 2003”, Австрия, 2003. с. 253–255. (http://www.ikar.udm.ru/sb28-1-5.htm)
51. Костюк Н.Н., Дик Т.А., Терешко Н.В., Широносов В.Г. Электрохимическая активация взаимодействия железа с ацетилацетоном. Сб. тезисов докладов IV Международной конференции "Химия высокоорганизованных веществ и научные основы нанотехнологии". С.-Петербург, 28.06.-2.07.2004. С. 231-232.
52. Широносов В.Г., Напольских В.М., Сорокин Э.П., Кубашев А.П. Применение бесконтактно активированных инфузионных растворов для профилактики послеоперационного панкреатита у онкобольных. Сб. тезисов IV Международного конгресса "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине", 03 - 07 июля 2006 г., г. Санкт-Петербург, с. 218. (http://www.ikar.udm.ru/sb38-4.htm)
53. Широносов В.Г. Природа аномальных свойств активированной воды. Сб. тезисов докладов VII Международный конгресс "Вода: экология и технология". ЭКВАТЕК – 2006, Москва. 30.05-02.06.2006, с. 1051-1052. (http://www.ikar.udm.ru/sb38-5.htm)
54. Кривоногова М.А., Проничев И.В., Широносов В.Г., Казанкин Д.С. Влияние малых доз бесконтактно активированной водки на биоэлектрическую активность мозга. Материалы I международной конференции "Состояние воды в биологических и модельных системах", 20-21 декабря. - Тверь, 2007. с. 126-129. (http://www.ikar.udm.ru/sb42-1.htm)
55. Широносов В.Г. Пинцет и скальпель для нанотехнологий. Сб. тезисов докладов I Международного форума по нанотехнологиям, 3-5 декабря 2008, Москва, т. 2, с. 293-294. (http://www.ikar.udm.ru/sb44-2.htm)
56. Широносов В.Г. Решение проблемы обеспечения населения питьевой водой высшего качества и дезинфицирующими растворами: анализ и перспектива. Сборник материалов X международного

симпозиума и выставки "ЧИСТАЯ ВОДА РОССИ" и Международной научно-практической конференции "Экологическая безопасность государств – членов Шанхайской организации сотрудничества, 7-9 октября 2008, Екатеринбург, с. 680-685. (http://www.ikar.udm.ru/sb44-1.htm)
57. Минаков В.В., Широносов В.Г., Широносова Г.И. АВИК-резонансная терапия - лечение с гарантией.- В сб. Тезисы докладов 4-й Российской университетстко-академической научно-практической конференции. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, ч.2, с.12-14. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-4.htm)
58. Широносов В.Г. Физическая природа шаровой молнии.- В сб. Тезисы докладов 4-й Российской университетстко-академической научно-практической конференции. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, ч. 7, с. 55-58. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-9.htm)
59. Дубровский А.С., Широносов В.Г. Динамическая устойчивость седловых точек. - В сб. Тезисы докладов 4-й Российской университетстко-академической научно-практической конференции. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, ч. 7, с. 24-55. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-8.htm).
60. Минаков В.В., Широносов В.Г., Широносова Г.И. Компьютер, TV и здоровье, или жизнь под колпаком. – В сб. Тезисы докладов 4-й Российской университетстко-академической научно-практической конференции. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, ч.2, с.27-29. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-6.htm)
61. Дубровская О.А., Широносов В.Г. Использование электроактивированного водного раствора - католита для раскисления почвы. В сб. Тезисы докладов 4-й Российской университетстко-академической научно-практической конференции. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, ч.2, с.89. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-3.htm)
62. Дубровская О.А., Широносов В.Г. Влияние электроактивированнных водных растворов (ЭВР) на всхожесть семян ячменя.- В сб. Тезисы докладов 4-й Российской университетстко-академической научно-практической конференции. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, ч.2, с.92-93. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-2.htm)
63. Каменщиков Ф.А., Черных Н.Л., Минаков В.В., Широносов В.Г. Использование анолита в качестве бактерицида для подавления жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий (СБВ). - В сб. Тезисы докладов 4-й Российской университетстко-академической научно-практической конференции. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, ч.6, с.118-120. (http://www.ikar.udm.ru/sb15-5.htm)
64. Коновалова Н.А., Меньшикова С.Г., Широносов В.Г. Регистрация феномена бесконтактной активации жидкостей методами СВЧ-спектроскопии. Сб. тезисов ВНКСФ-8, г. Екатеринбург, 2002.- с. 590-592. (http://www.ikar.udm.ru/sb26-1.htm)
65. Дубровская О.А., Мулахметов Р.Ф., Широносов В.Г. Феномен бесконтактной активации от микрогидрина и при химических реакциях. Сб. тезисов ВНКСФ-8, г. Екатеринбург, 2002.- с. 597-599. (http://www.ikar.udm.ru/sb26-2.htm)
66. Дубровская О.А., Широносов В.Г. Влияние активированной воды на икру и мальков африканского сома. Сб. тезисов ВНКСФ-8, г. Екатеринбург, 2002.- 586-588. (http://www.ikar.udm.ru/sb26-3.htm)
67. Селюнина Е.А., Широносов В. Г., Широносов Е.В. Учебно-методический стенд для изучения феномена бесконтактной активации жидкостей в бездиафрагменном электролизере. Сб. тезисов ВНКСФ-8, г. Екатеринбург, 2002.- с. 604-606. (http://www.ikar.udm.ru/sb26-4.htm)
68. Минаков В.В., Широносов В. Г., Халявина И.Л. Учебно-методический стенд для изучения методов и режимов получения питьевой воды и активированных растворов (стерилизующих, дезинфицирующих, моющих - анолита, католита). Сб. тезисов ВНКСФ-8, г. Екатеринбург, 2002.- с. 608-609. (http://www.ikar.udm.ru/sb26-5.htm)
69. Бердова Е.С., Глухова Н.А., Широносов В.Г., Курганович В.С. Феномен изменения спектров растворов перманганата калия при бесконтактной активации. Сб. тезисов докладов ВНКСФ-10, Москва, 2004. с. 543-544. (http://www.ikar.udm.ru/sb33-1.zip)
70. Казанкин Д.С., Широносов В.Г. Феномен неконтактного действия электрохимически активированных водных растворов на динамику оседания эритроцитов. Сб. тезисов докладов ВНКСФ-10, Москва, 2004. с. 822-824. (http://www.ikar.udm.ru/sb33-2.zip)
71. Каратаева С.Ю., Широносов В.Г. Феномен бесконтактной активации жидкости живыми организмами. Сб. тезисов докладов ВНКСФ-10, Москва, 2004. с. 825-827. (http://www.ikar.udm.ru/sb33-3.zip)
72. Леонтьева Е.В., Бердова Е.С., Широносов В.Г., Глухова Н.А. Температурные аномалии бесконтактно активированных жидкостей. Сб. тезисов докладов ВНКСФ-10, Москва, 2004. с. 341-343. (http://www.ikar.udm.ru/sb33-4.zip)
73. Широносов В.Г., Овечкин А.Ю., Глухова Н.А. Бесконтактная активация лекарственных препаратов. Сб. тез. докл. VI Рос. Универ.-акад. науч.-практ. конф. Ижевск, 2004. с.15-16.
74. Широносов В.Г., Леонтьева Е.В. Аномалии феномена бесконтактной активации при различных способах тепловой обработки активного раствора. Сб. тез. докл. VI Рос. Универ.-акад. науч.-практ. конф. Ижевск, 2004. с.14-15.

75. Широносов В.Г., Глухова Н.А., Курганович В.С., Бердова Е.С., Акашкина Р.Г. Феномен изменения спектров пропускания водных растворов перманганата калия при бесконтактной активации. Сб. тез. докл. VI Рос. Универ.-акад. науч.-практ. конф. Ижевск, 2004. с.16-17.
76. Широносов В.Г., Казанкин Д.С. Регистрация заражения препаратов крови бесконтактным методом. Сб. тезисов ВНКСФ-12, г. Новосибирск, 2006. с. 528-529. (http://www.ikar.udm.ru/sb38-1.htm)
77. Широносов В. Г., Каратаева С. Ю. Бесконтактное определение биологической активности жидких сред с помощью кинетики роста Escherichia coli. Сб. тезисов ВНКСФ-12, г. Новосибирск, 2006. с. 530-531. (http://www.ikar.udm.ru/sb38-2.htm)
78. Широносов В.Г., Курганович В.С. “Спектры поглощения неравновесных растворов, полученных при электролизе”. Сб. тезисов ВНКСФ-12, г. Новосибирск, 2006. с. 321-323. (http://www.ikar.udm.ru/sb38-3.htm)
79. Казанкин Д.С., Широносов В.Г. Бесконтактная регистрация динамики развития культуры E.coli. Сб. тезисов докладов. VI Конференция молодых ученых "КоМУ-2006". Ижевск. ФТИ УрО РАН, УдГУ, 2006. с. 24-25.
80. Казанкин Д.С., Мутагарова А.И., Широносов В.Г., Соловьев А.А. Бесконтактное воздействие активированных водных растворов на гемолиз эритроцитов. Сб. тезисов докладов ВНКСФ-13, Ростов-на-Дону - Таганрог, 20 - 26 апреля 2007. с. 465-466.
81. Казанкин Д.С. Широносов О.В., Широносов В.Г. Универсальный комплекс "ИКАР-ТЕСТ" для бесконтактной регистрации динамики физических, химических и биохимических процессов в водных растворах. Сб. тезисов докладов ВНКСФ-13, Ростов-на-Дону - Таганрог, 20 - 26 апреля 2007. с. 464-465.
82. Леонтьева Е.В., Широносов В.Г. Получение нового класса веществ на основе бесконтактной активации жидкостей. Сб. тезисов докладов ВНКСФ-13, Ростов-на-Дону - Таганрог, 20 - 26 апреля 2007. с. 109-110.

Международные дипломы и медали

83. Широносов В.Г. Медицинский комплекс для лечения и диагностики на основе резонанса. Бронзовая медаль и диплом на 22-м Международном салоне изобретений в Женеве (18 апреля 1994 г.). Швейцария.
84. Широносов В.Г. Устройство для контактно-бесконтактной активации жидкостей. Серебреная медаль на Всемирном Салоне инноваций "Брюссель - Эврика 2003". Бельгия.
85. Широносов В.Г. Устройство для бесконтактной активации жидкостей. Золотая медаль и диплом на 32-м Международном салоне изобретений в Женеве (30 марта - 5 апреля 2004 г.). Швейцария.
86. Широносов В.Г. Плазматрон. Золотая медаль на международной выставке-ярмарке “Информатика-Связь-Электроника-2006”. Хабаровск.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.

Глава 1. Состояние и перспективы развития теории и исследований неравновесных динамических систем.

1.1. Обзор литературы.
1.2. О динамической устойчивости неустойчивых состояний.
1.3. Осциллятор Мандельштама-Папалекси, маятник Капицы, Челомея.
1.4. Задачи удержания тел и частиц от макро до элементарных, ловушки для атомов и клеток.
1.5. Колебания “связанных осцилляторов” и "Проблема $1/R^3$ " для системы двух диполей.
1.6. Пондеромоторное действие волн на "резонаторы".
1.7. Вибрационная механика Блехмана.
1.8. Волновые технологии воздействия и исследования неравновесных жидкостей и биосистем.
1.9. Выводы.

Глава 2. Основы теории неравновесных систем в зонах нелинейного параметрического резонанса.

2.1. Простой метод расчета динамики нелинейных систем, не содержащих в явном виде малый параметр.
2.2. О точных решениях нелинейных уравнений вне и в зонах параметрического резонанса.
2.3. Динамическая устойчивость седловых точек в автономных системах.
2.4. Эффект резонансного захвата спиновых частиц.
2.5. Динамика движения магнитного волчка в постоянном неоднородном осесимметричном магнитном поле.
2.4. Решение проблемы “$1/R^3$” и задачи двух диполей с учетом уравнений движений их спинов.
2.5. Об устойчивости неустойчивых состояний, бифуркации, хаосе нелинейных динамических систем.

2.6. Дискретность, хаос и эволюция в нелинейных динамических системах.
2.7. Выводы.

Глава 3. Методы получения и исследования нелинейных неравновесных систем.

3.1. Пондеромоторное действие волн на образцы в условиях ферромагнитного резонанса.
3.2. Методы и средства неразрушающего контроля на основе пондеромоторного резонансного действия электромагнитного поля.
3.4. Резонансное удержание тел и частиц с собственным моментом в постоянном и переменном неоднородном электромагнитном поле.
3.5. Методы и средства неразрушающего контроля сред и веществ на основе резонансных подвесов.
3.6. Исследование физико-химических и биологических свойств активированной воды, водных растворов и воздуха.
3.7. Разработка способов и устройств получения неравновесных сред.
3.8. Определение активности и регистрация параметров неравновесных жидкостей на основе потенциометрических измерений.
3.9. Детектирование кластерных структур и параметров неравновесных жидкостей на основе ультразвука.
3.10. Разработка универсального комплекса “Икар-Тест” для бесконтактной экспресс диагностики заражения крови, воды, и регистрации динамики физических, химических и биохимических процессов в водных растворах.
3.11. Выводы.

Глава 4. Приборы мониторинга и экологической безопасности диссипативных неравновесных сред.

4.1. Разработка устройств экологической безопасности индивидуального и коллективного пользования для получения питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшей категории качества.
4.2. Разработка устройств и лабораторных учебно-исследовательских методических стендов для бесконтактной и контактной активации жидкостей.
4.3. Разработка универсальной установки для регистрации и управления процессами активации.
4.4 Разработка санитарно-гигиенического прибора для компенсации аэроионной недостаточности и обогащения воздуха помещений легкими отрицательными ионами.
4.5. Разработка универсального, компактного, передвижного лечебно-профилактического АВИК-комплекса (Аэро-, Водо-, Ионо-, Квч-терапия) с методиками для диагностики, профилактики и лечения с гарантией.
4.6. Выводы.

Заключение. Основные результаты работы.
Выводы. Перспективные направления. Нерешенные проблемы.
Литература.

Приложения
(паспорта на серийно выпускаемые установки**):**

Р.1. "Изумруд-СИ" (мод.01) установка для приготовления питьевой воды высокого качества с заданным минеральным составом (микроэлементы Ca^{++}, Mg^{++}, йод ...) и антиоксидантными свойствами (отрицательным ОВП), 50 л/ч – (http://ikar.udm.ru/i-si-01.htm, http://www.ikar.udm.ru/p-isi01-02.zip); мод.01k –функции мод.01 + накопитель + автоматика, 1 т/сутки (http://ikar.udm.ru/i-si-01k.htm, http://ikar.udm.ru/zip/pas200a.zip); мод. 01d − функции мод.01 + диспенсер + автоматика, вода горячая, холодная и комнатной температуры на выходе (http://ikar.udm.ru/i-si-01d.htm, http://ikar.udm.ru/zip/p-isi-01d.zip); мод.01ж/д − функции автономного варианта мод.01 для передвижного пассажирского транспорта (железнодорожного, водного, воздушного, автомобильного (http://ikar.udm.ru/i-si-01jd.htm); мод.01-300 − функции мод. 01+ионизированный душ, ванна, бассейн, питьевая вода, 300 л/ч (http://ikar.udm.ru/i-si-300.htm, http://ikar.udm.ru/pdf/i-si-01-300.pdf).

Р.2. "Изумруд-СИ" (мод.01os) − универсальная установка для приготовления питьевой ионизированной воды высшей категории качества с заданным минеральным составом (микроэлементы Ca^{++}, Mg^{++}, йод ...) и антиоксидантными свойствами (pH, отрицательным ОВП, микрокластеры). Установка оснащена встроенным контроллером, дисплеем, тремя проточными датчиками с двухуровневой системой индикацией - слежения за работой систем: осмоса (очистки), активации (ионизации воды), минерализации (оптимизации минерального состава) питьевой воды (http://ikar.udm.ru/i-si-01os.htm, http://ikar.udm.ru/pdf/i-si-01os.pdf).

Р.3. "Изумруд-СИ" (мод.02) − функции мод. 01 + регулирование pH и ОВП (http://ikar.udm.ru/i-si-02.htm, http://www.ikar.udm.ru/p-isi01-02.zip).

Р.4. "Изумруд-СИ" (мод.03) − функции мод. 02 + получение моющих, дезинфицирующих, стерилизующих растворов (http://ikar.udm.ru/i-si-03.htm, http://www.ikar.udm.ru/p-isi01-02.zip).

Р.5. "Изумруд-СИ" (мод.03u) − лабораторный учебно-исследовательский-методический стенд для контактной активации жидкостей (http://ikar.udm.ru/i-si-03_u.htm, http://ikar.udm.ru/pdf/i-si-03u.pdf).

Р.6. "Изумруд-СИ" (мод.04c) − функции мод. 03 + получение биологически активных жидкостей на основе контактной и бесконтактной активации жидкостей. (http://ikar.udm.ru/i-si-04.htm, http://ikar.udm.ru/pdf/i-si-04c.pdf).

Р.7. "Изумруд-СИ" (мод.04u) − лабораторный учебно-исследовательский-методический стенд для контактной и бесконтактной активации жидкостей (http://ikar.udm.ru/i-si-04_u.htm, http://ikar.udm.ru/pdf/i-si-04u.pdf).

Р.8. "Изумруд-СИ" (мод.04uni) − существенно отличается от мод.04c бытового, санитарно-гигиенического прибора. Единый центральный блок мод.04uni позволяет в автоматическом режиме управлять процессами контактной и бесконтактной активации конденсированных сред, регистрировать их динамику и выводить параметры активации на встроенный дисплей или компьютер. Установка также позволяет вести регистрацию и управление процессами активации по программе автономно, либо с компьютера. Возможна различная комплектация установки периферийными устройствами (компьютер, нагреватели, насосы, дополнительные датчики, УЗИ-Доплер) (http://ikar.udm.ru/i-si-04_uni.htm, http://ikar.udm.ru/pdf/i-si-04uni.pdf). Области применения: получение активированных конденсированных сред (веществ, жидкостей) с резонансной кластерной структурой, уникальными физико-химическими и биологическими свойствами; экспресс диагностика и регистрация заражения жидкостей, оптимизация динамики химических, биохимических и физических процессов на основе бесконтактной активации жидкостей; диагностика, профилактика и лечение; приготовление питьевой воды, дезинфицирующих, стерилизующих и моющих растворов высшего качества.

Р.9. "ЛЧ-1" плазматрон - аэроионизатор санитарно-гигиенический прибор для обогащения воздуха помещений легкими отрицательными ионами и компенсации аэроионной недостаточности на рабочих местах пользователей ПЭВМ, для аэроионотерапии и ионизации воздуха в помещениях, защиты от "дисплейной болезни" (мод.01 – переносной, мод. 02 – для подвесных потолков, мод.03 – компьютерный) (http://ikar.udm.ru/lch.htm, http://ikar.udm.ru/pdf/lch_1_01.pdf, http://ikar.udm.ru/pdf/lch-1_03.pdf).

Р.10. "Влада" - электротермос-активатор для контактной и бесконтактной активации водных растворов, разработка ЗАО НИЦ "ИКАР", выпускается ОАО "Дальприбор" http://www.dalpribor.ru: мод.3.1 (http://ikar.udm.ru/pdf/vlada31.pdf), мод.3.2 (http://ikar.udm.ru/pdf/vlada32.pdf), мод.3.3 (http://ikar.udm.ru/pdf/vlada33.pdf).

Р.11. “Ирма” – автоматизированный промышленный модуль для синтеза моющих, дезинфицирующих, стерилизующих растворов (http://ikar.udm.ru/i-si-nml.htm).

Р.12. “Икар-Актив” – комплекс аппаратно-программный для получения биологически активных жидкостей на основе контактной и бесконтактной активации жидкостей (http://ikar.udm.ru/i-si-nml.htm).