

На правах рукописи

Недобора Оксана Александровна

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АЭРОИОНОТЕРАПИИ С КАНАЛОМ КОНТРОЛЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОИОНОВ

05.11.17 – Приборы, системы и изделия
медицинского назначения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2001

Работа выполнена в Московском государственном те
верситете имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: кандидат технических наук,
доцент Карпухин В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Енин В.Н.

ических наук,
Ю.Н.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1572665
Недобора О.А. Биотехническ

В

1572665
Недобора О.А.

Биотехническая систе
ма аэроионотерапии с
2001 0.00

сероссийский научно-иссле-
довательский и испытательный
институт медицинской техники

2001 г. на заседании
12.141.14 при Московском
ситете им. Н.Э. Баумана, в
есу: 1007005 г. Москва, 2-я

в библиотеке МГТУ им. Н.Э.

01 г.

ювета Д 212.141.14

Спиридонов

Спиридонов И.Н.

1572665

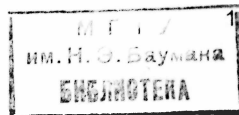
15992651

Актуальность работы. В последнее время искусственные ионизаторы все чаще пользуются спросом как в медицинских учреждениях так и в быту, так как они насыщают воздух отрицательными ионами кислорода, благотворно влияющими на организм человека, а так же производят очистку помещений от пыли и микроорганизмов. Поэтому, отечественные и зарубежные производители выпускают аппараты, способные насыщать воздух легкими ионами кислорода, в массовых количествах. Но тем не менее, аэроионотерапия не нашла широкого применения и поддержки у врачей в связи с неоднозначностью результатов клинических исследований и отсутствием научно-обоснованных методик лечения. Разработка новых методик лечения невозможна без систем контроля аэроионного воздействия. В настоящее время в России отсутствуют системы, способные поддерживать необходимый уровень концентрации аэроионов и оценивать эффективность генерирующей способности аэроионизатора за счет определения концентрации аэроионов. Наличие систем дозировки в искусственных аэроионизаторах имеет большое значение. Благодаря этим системам врач может подбирать индивидуальную дозу воздействия на пациента с определенным заболеванием, так как каждый пациент имеет свою собственную переносимость ионизированного воздуха и для каждого заболевания существуют свои предельно допустимые параметры ионизированного воздуха. В связи с этим, разработка, создание и внедрение в практику систем дозировки является важным моментом в создании аппаратуры для аэроионотерапии нового поколения.

Целью работы является разработка метода и средств измерения концентрации аэроионов в сильных электростатических полях.

Задачи работы:

1. Разработка математической модели распространения аэро-



ионного потока в сильных электростатических полях.

2. Исследование продуцирующую способность коронного ионизатора воздуха для игольчатых электродов.

3. Разработка метода измерения концентрации аэроионов в закрытом пространстве.

4. Исследование влияния геометрии первичного измерительного преобразователя на точность измерения концентрации аэроионов.

5. Медико-биологическая апробация эффективности ионизатора воздуха с системой контроля концентрации аэроионов.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использовались методы теории математической физики, теории дифференциальных уравнений, теории биотехнических систем, использовались численные методы, методы математической статистики, система автоматизированного проектирования MathCAD.

Научная новизна.

1. В результате экспериментальных исследований геометрии коронирующих электродов предложена математическая модель, аппроксимирующая излучающую поверхность электрода гиперболоидом вращения и цилиндром. На основе предложенной модели впервые был рассчитан и экспериментально подтвержден коэффициент ионообразования для гиперболической части электрода.

2. На основе теоретических исследований установлено, что в сильных электрических полях процессы диффузии и поле пространственного заряда увеличивают значение концентрации аэроионов не более, чем на 2%.

3. В результате теоретических исследований установлено, что первичный измерительный преобразователь в виде диска и охранного кольца вносит минимальные искажения в поле ионизатора.

4. Установлено, что при внесении в поле первичного измерительного преобразователя поток аэроионов через измеритель-

ную поверхность увеличивается в 15 раз и слабо зависит от расстояния между генерирующим электродом и первичным измерительным преобразователем.

5. На основе результатов медико-биологических исследований установлено, что применение аэроионотерапии значительно снизило показатели, характеризующие повышенную свертываемость крови и, как результат, понизило вероятность образования тромбов в послеоперационный период.

Практическая ценность. Разработан новый метод определения концентрации аэроионов, позволяющий проводить измерения в сильных электрических полях. Разработан первичный измерительный преобразователь для предложенного метода измерения, отличающийся методической погрешностью, не превышающей 8%. Разработаны аппаратно-программные средства, которые позволяют осуществлять оперативный контроль за индивидуальной дозой воздействия аэроионов.

Апробация работы проводилась на базе отделения реанимации и интенсивной терапии факультетской хирургической клиники им. Н.Н. Бурденко ММА им. И.М. Сеченова.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 8 работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы из 59 наименований и 5 приложений. Основное содержание работы изложено на 177 страницах, содержит 36 рисунков, 12 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию актуальности темы - разработки метода измерения концентрации аэроионов и созданию аппаратно-программного комплекса для измерения концентрации аэроионов в сильных электростатических полях в закрытых помещениях.

Первая глава содержит обзор литературных источников отечественных и зарубежных авторов, посвященных современному состоя-

нию проблемам изучения влияния легких отрицательных ионов кислорода.

Рассмотрена природа всех типов естественных аэроионов, возникающих в воздухе под действием ионизирующего излучения, сроки жизни ионов и процесс уничтожения аэроионов. Сформулированы основные физико-химические процессы при ионизации воздуха.

Показано, что возможно использовать аэроионы для воздействия на кровь с целью ее консервации, на микроорганизмы с целью снижения активности возбудителей ряда заболеваний и на растения для увеличения скорости поглощения кислорода и метаболической активности хлоропластов.

Проанализированы медицинские аспекты влияния аэроионов. Показано влияние аэроионов на электрическую активность коры головного мозга, функциональное состояние сосудодвигательного аппарата, свертываемость крови и фагоцитарную способность лейкоцитов, на желудочную секрецию и параметры газообмена. Основываясь на данных аспектах была сформулирована теория электрообмена в организме.

Произведен анализ аппаратуры для искусственной ионизации воздуха и аппаратуры для контроля процессов ионизации. Разработан биотехническая система для аэроионотерапии. Сформулированы цели и задачи работы.

Анализ основных аппаратных средств позволил рассмотреть основные методы ионизации воздуха. Сделанный сравнительный анализ дал возможность выявить наиболее оптимальный метод ионизации воздуха, которым является эффлювиальный метод. Аппараты, работающие на основе данного метода, создают высокую концентрацию аэроионов и генерируют минимальное количество озона.

Рассмотрены основные методы и средства измерения концентрации аэроионов. Анализ современной аппаратуры позволил выявить основные недостатки средств измерения концентрации аэро-

ионов: невозможность работать в сильных электростатических полях, большие погрешности, возникающие из-за турбулентных потоков и краевых эффектов, большое время измерения вследствие обработки забора воздуха. Проведенный анализ показал необходимость разработки нового метода измерения концентрации аэроионов.

Проанализировав методы и средства измерения концентрации аэроионов, была разработана биотехническая система для аэроионотерапии.

Вторая глава посвящена разработке математической модели распространения аэроионов в ближней зоне (размеры соизмеримы с размерами коронирующего электрода), в дальней зоне (зона распространения аэроионов) и в зоне взаимодействия первичного измерительного преобразователя с аэроионным потоком. Разработан новый метод измерения концентрации аэроионов.

При анализе зоны коронирующего электрода, рассматривалось уравнение аэроионного баланса, в основе которого лежит фундаментальное уравнение непрерывности. При расчете делалось ряд допущений: преобладание дрейфовых процессов над диффузионными и конвекционными, отсутствие процессов рекомбинации. Произведена аппроксимация формы коронирующего электрода в виде цилиндра с примыкающим к его торцу гиперболоидом вращения с минимальным значением абсолютных отклонений аппроксимирующего контура от реального, не превышающее 10 мкм.

В результате решения уравнения аэроионного баланса был определен эмиссионный ток с поверхности излучающего электрода. Вычисление эмиссионного тока базировалось на использовании полуэмпирической формулы Фаулера-Нордгейма, которая позволяет определить плотность тока автоэлектронной эмиссии в зависимости от напряженности на поверхности коронирующего электрода. Исследовано влияние скругления коронирующего электрода и работы выхода электронов на величину эмиссионного тока. Определен коэф-

фициент ионообразования, равный $8,835 \cdot 10^{32}$ зарядов в единицу времени в объеме гиперboloидной части коронирующего электрода.

Напряженность на поверхности коронирующего электрода рассчитана по методу Ламе. Определена зависимость напряженности поля в зоне коронирующего электрода от расстояния до соседней иглы.

Выявлена зависимость напряженности в ближней зоне коронирующего электрода от расстояния до соседних коронирующих электродов.

Проанализировано уравнение аэроионного баланса в дальней зоне с учетом отсутствия процессов конвекции. Для этого было определено электростатическое поле ионизатора при решении трехмерного уравнения Пуассона с нулевыми граничными условиями и найдено аналитическое решение уравнения аэроионного баланса в дальней зоне, позволяющее оценить влияние процессов диффузии и поля пространственного заряда. Анализ полученных данных показал, что наличие процессов диффузии уменьшает значение концентрации в точке не более, чем на 2% , а наличие поля пространственного заряда увеличивает значение концентрации аэроионов не более, чем на 0,8% .

Полученные данные позволили сделать вывод о малом влиянии процессов диффузии и поля пространственного заряда на общую концентрации в пространстве, что позволило при дальнейших расчетах пренебрегать наличием этих двух величин.

Разработана новая методика измерения концентрации аэроионов в сильных электростатических полях, основанная на модифицированном методе открытого коллектора. При измерении концентрации по данной методике необходимо определить плотность тока, протекающего в первичном измерительном преобразователе и скорость распространения аэроионов. Для наиболее точного определения скорости предполагается, что уменьшение концентрации аэроионов в зависимости от расстояния между измерительным и излу-

чающим электродами пропорционально для всех частиц, обладающих данной скоростью, осуществлялось квантование сигнала плотности тока по уровню, определялось относительное время запаздывания для каждого уровня квантования и соответственно средняя скорость распространения аэроионов. Показано, что данный метод определения скорости распространения аэроионов значительно повысил точность измерения концентрации заряженных частиц.

Для реализации предложенной методики измерения концентрации аэроионов разработан первичный измерительный преобразователь. В качестве первичного измерительного преобразователя была предложена конструкция, которая представляет собой два диска, измерительный и индикаторный, отделенные друг от друга по вертикали проводящей цилиндрической перегородкой. К измерительному диску добавлено охранное кольцо для снижения краевых эффектов. Установлено, что при измерении плотности тока, протекающего через первичный измерительный преобразователь, возникает ряд погрешностей, связанных с наличием краевых эффектов и увеличением потока за счет наведенного заряда. Исследовано влияние геометрии первичного измерительного преобразователя аэроионов на точность измерения концентрации. Размеры первичного измерительного преобразователя были выбраны на основе решения оптимизационной задачи. Основным условием оптимизации служила минимизация погрешности измерения, вызванной искажением электростатического поля внесенным датчиком. Расчеты показали, что, можно найти оптимальные соотношения между радиусом измерительного диска, внешним и внутренним радиусом охранного кольца. Оптимизированы размеры индикаторного кольца и цилиндрической перегородки.

Установлено, что наведенный заряд приводит к увеличению потока через первичный измерительный преобразователь. Для оценки изменения потока через первичный измерительный преобразователь было проведено сравнение нормальных составляющих вектора

напряженности электростатического поля ионизатора и суммарного поля, складывающегося из электростатического поля аэроионизатора и поля, создаваемого наведенным зарядом на поверхности первичного измерительного преобразователя (Рис.1).

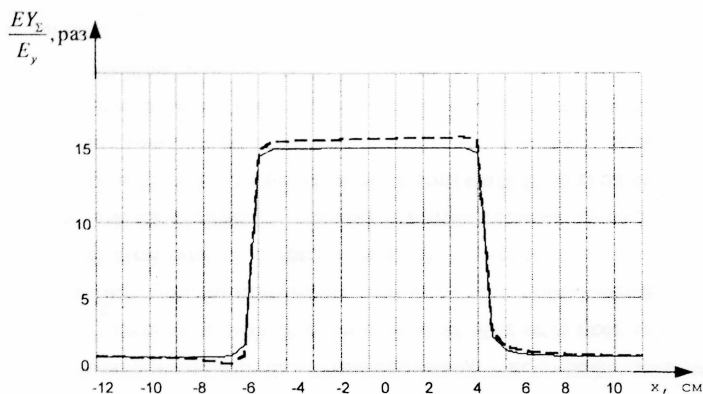


Рис.1.

Отношение нормальной составляющей напряженности электрического поля при внесении ПИП (EY_x) к нормальной составляющей напряженности электрического поля без внесенного ПИП (E_y) в горизонтальном сечении диска при различных расстояниях между ПИП и излучателем (x — координата пространства, нулевая отметка совпадает с центром ПИП).

- сплошная линия — расстояние между излучателем и ПИП равно 0.336 м
- пунктирная линия — расстояние между излучателем и ПИП равно 1.721 м

В результате теоретических исследований было установлено, что нормальная составляющая вектора напряженности электростатического поля увеличивается в 15 раз и слабо зависит от расстояния между первичным измерительным преобразователем и излучателем. Слабая зависимость от расстояния позволила ввести поправочный коэффициент, равный 15, и тем самым повысить точность измерения концентрации аэроионов. Расчеты показали, что отноше-

ние нормальной составляющей вектора напряженности электростатического поля ионизатора и суммарного поля, складывающегося из электростатического поля аэроионизатора и поля, создаваемого наведенным зарядом на поверхности первичного измерительного преобразователя мало зависит от размеров охранного кольца и радиуса цилиндрической перегородки. Изменении введенного поправочного коэффициента во всех исследуемых случаях не превышает 12%.

Третья глава посвящена разработке экспериментального стенда, исследованиям с помощью данного стенда аэроионного пространства и сопоставлению теоретических и экспериментальных данных.

В данной главе, основываясь на теоретических расчетов, описанных в предыдущих главах, были разработаны структурная (Рис.2) и принципиальная схемы системы измерения концентрации аэроионов.

Ионизатор состоит из генератора высокочастотных импульсов заполнения, схемы управления, высоковольтного умножителя и блока коронирующих электродов.

Основу системы измерения концентрации аэроионов составляет первичный измерительный преобразователь. Помимо описанных двух электродов (измерительного диска и индикаторного кольца) конструкция первичного измерительного преобразователя включает в себя третий электрод. Этот электрод служит для синхронизации системы измерения с ионизатором. Для дальнейшей обработки токовые сигналы преобразуются в напряжение. Для этого в каждом канале имеется преобразователь ток-напряжение. Конструкция счетчика аэроионов состоит из двух частей: ~~первичного измерительного преобразователя~~ и блока аналоговой обработки и интерфейса с компьютером, связанных между собой достаточно длинным (порядка 5 м) кабелем. Для уменьшения искажений входные преобразователи ток-напряжение расположены непосредственно на измерительных

дисках. Подавление 50-Гц помехи осуществляется аналоговыми фильтрами. Для этого в каждый канал измерения добавлена комбинация из фильтра НЧ и фильтра-пробки на 50 Гц. При разработке комплекса был использован микроконтроллер со встроенным 10-разрядным 6-ти канальным АЦП и модулем последовательного интерфейса (универсальным асинхронным последовательным приемопередатчиком - UART). Программная часть комплекса осуществляет ввод в персональный компьютер оцифрованных сигналов и их дальнейшую обработку. Обработка заключается в выделении из полученных данных полезной информации, т.е. вычисление концентрации аэроионов, продуцируемых ионизатором.

С помощью разработанного интерфейса после цифровой и аналоговой обработки система вычисляет значение концентрации аэроионов в месте расположения первичного измерительного преобразователя, определяет скорость распространения аэроионов и выдает все результаты в визуальной форме (Рис.3).

Для подтверждения справедливости предложенной методики измерения концентрации аэроионов и конструкции первичного измерительного преобразователя были произведен сравнительный анализ данных значений концентрации аэроионов, полученных при измерении разработанной системой измерения концентрации и аттестованным счетчиком УТ-8401, работающим на основе аспирационного метода. Полученные данные показали состоятельность предложенной методики и конструкции первичного измерительного преобразователя. Максимальные отклонения между теоретическими и экспериментальными данными не превышали 14 %. Проведенные экспериментальные исследования позволили подтвердить корректность математических моделей распространения аэроионов в сильных электростатических полях.

Исследования суммарного тока, протекающего через коронирующие электроды игольчатого пита позволили оптимизировать количество коронирующих электродов. При анализе зависимости зна-

чения амплитуда ионного тока от количества коронирующих излучателей было установлено, что величина ионного тока слабо изменяется при работе более 8 излучателей.

При проведении экспериментов впервые удалось получить значение коэффициента ионообразования аэроионов. Исследования показали, что экспериментальное значение коэффициента ионообразования равно $1,225 \cdot 10^{29}$ зарядов в единицу времени в объеме гиперболоидной части коронирующего электрода.

Исследования, проводимые в закрытых помещениях, позволили выявить влияние систем вентиляции, отопления и наличие приборов и аппаратов, создающих собственные электростатические поля, на распределение аэроионов в помещении. Результаты этих исследований показали, что наибольший вклад в распределение аэроионов в помещении вносят системы вентиляции и аппаратура, создающая собственные электростатические поля. Установлено, что при неправильном расположении вышеперечисленных элементов концентрация аэроионов, независимо от расположения аэроионизатора, снижается в несколько раз.

Четвертая глава посвящена медико-биологическим исследованиям влияния ионизированного воздуха на организм человека на базе отделения реанимации и интенсивной терапии факультетской хирургической клиники им. Н.Н.Бурденко ММА им. И.М. Сеченова.

При проведении клинических исследований в качестве биоматериала использовались различные варианты анализа крови: общий анализ крови, коагулограмма и ВСК (время свертываемости крови). Осуществлялось воздействие ионизированным воздухом на пациентов опытной группы и производилось сравнение данных с пациентами контрольной группы. При определении изменений в общем анализе крови было выявлено уменьшение числа эритроцитов или красных кровяных телец на 58% , что свидетельствует об улучшении тканевого дыхания, т.е. тканям требуется меньшее количество кислорода ввиду нормализации состояния. Это же подтверждается

уменьшением гемоглобина на 13%. Увеличение базофилов на 204% позволило судить об увеличении времени свертываемости крови, так как базофилы выделяют гепарин и тем самым активируют липолиз в сыворотке. Определение изменений в коагулографическом анализе крови, в частности уменьшение количества тромбоцитов на 33%, свидетельствует об увеличении свертываемости крови, что в дальнейшем может заменить инъекции гепарина.

В целом была показана эффективность воздействия аэроионизированного воздуха на организм человека в послеоперационный период за счет отказа от геперинотерапии.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель распространения аэроионов, генерируемых коронным ионизатором с излучающей поверхностью игольчатого типа с учетом процессов продольной диффузии, рекомбинации, дрейфа и ионообразования при импульсном возбуждении.
2. На основании модельных исследований показано, что в сильных электростатических полях погрешность расчета концентрации аэроионов без учета процессов диффузии и поля пространственного заряда не превышает 2%.
3. Разработана методика измерения концентрации аэроионов в сильных электростатических полях, основанная на модифицированном методе открытого коллектора и создан аппаратно-программный комплекс для ее реализации.
4. Исследовано влияние геометрии первичного измерительного преобразователя аэроионов на точность измерения концентрации. Установлено, что первичный измерительный преобразователь в виде диска и охранного кольца достигает минимума погрешности измерения в зависимости от внешнего и внутреннего радиусов кольца при фиксированном радиусе диска.
5. Теоретически рассчитано и экспериментально подтверждено влияние наведенного заряда на поверхности первичного изме-

рительного преобразователя на точность измерения концентрации аэроионов. Установлено, что для заданных размеров первичного измерительного преобразователя увеличение потока аэроионов составляет 15 раз и слабо зависит от расстояния между генерирующим электродом и первичным измерительным преобразователем.

6. В результате клинических исследований было установлено, что при воздействии на пробы крови пациентов ионизированным воздухом снижалось содержание тромбоцитов на 33% и увеличилось содержание базофилов на 204%. Показана эффективность воздействия аэроионами на организм человека в послеоперационный период за счет отказа от гепаринотерапии.

7. Основные результаты выполненных исследований и разработанный аппаратно-программный комплекс для аэроионотерапии внедрен в клиническую практику отделения реанимации и интенсивной терапии факультетской хирургической клиники им. Н.Н. Бурденко ММА им. И.М. Сеченова.

Список работ по теме диссертации:

1. Карпухин В.А., Недобора О.А. Аппаратура для аэроионотерапии. Определение характеристик электростатического поля ионизатора// Физика и радиоэлектроника в медицине и биотехнологии: II Международная научно-техническая конференция. -Владимир, 1996.- С.94-95.
2. Карпухин В.А., Недобора О.А. Исследование процессов диффузии заряженных частиц при аэроионотерапии// Молодежь и наука- третье тысячелетие:Международная научная конференция. -Москва, 1996.-С.68.
3. Карпухин В.А.. Недобора О.А. Исследование системы измерения концентрации аэроионов в сильном электростатическом поле для люстры Чижевского// Новые информационные технологии в медицине и экологии: III

- Международная конференция и дискуссионный научный клуб
IT+ME'97.-Ялта-Гурзуф (Украина, Крым), 1997. - С. 94-95.
4. Карпухин В.А., Недобора О.А. Первичный преобразователь биотехнической системы аэроионотерапии// Конверсия.- 1997.- № 10, Специальный выпуск. - С.23- 25.
 5. Карпухин В.А., Недобора О.А., Коваленко Ю.Н. Разработка измерителя концентрации аэроионов// Состояние и проблемы технических измерений : V Всероссийская научно- техническая конференция.-Москва, 1998.-С.112- 113.
 6. Карпухин В.А., Недобора О.А. Моделирование процесса формирования аэроионного потока в сильном электрическом поле.// Биомедицинская радиоэлектроника.- 1999.- № 6. - С.16- 25.
 7. Карпухин В.А., Недобора О.А. Исследование влияния геометрии коронирующего электрода на процесса ионообразования// Медико- технические технологии на страже здоровья: Российская научно- техническая конференция, г. Геленжик (Россия), 24-29 сентября 1999г. -М., 1999. - С.41- 42.
 8. Компьютерная система измерения концентрации аэроионов в сильных электрических полях/ В.А.Карпухин, О.А.Недобора, П.В.Лепихов и др.//Биомедицинская радиоэлектроника.-2000.- №9.-С.21-32.



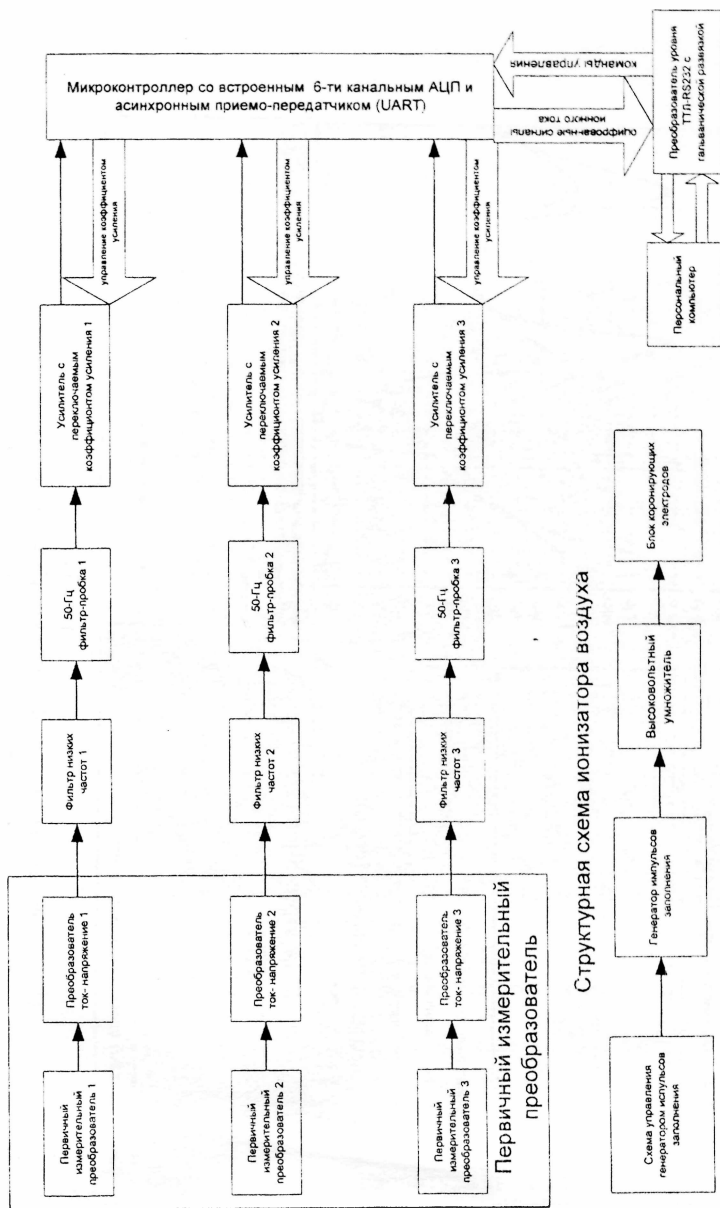


Рис. 2.

Структурная схема биотехнической системы аэрионотерапии с каналом контроля концентрации аэрионов

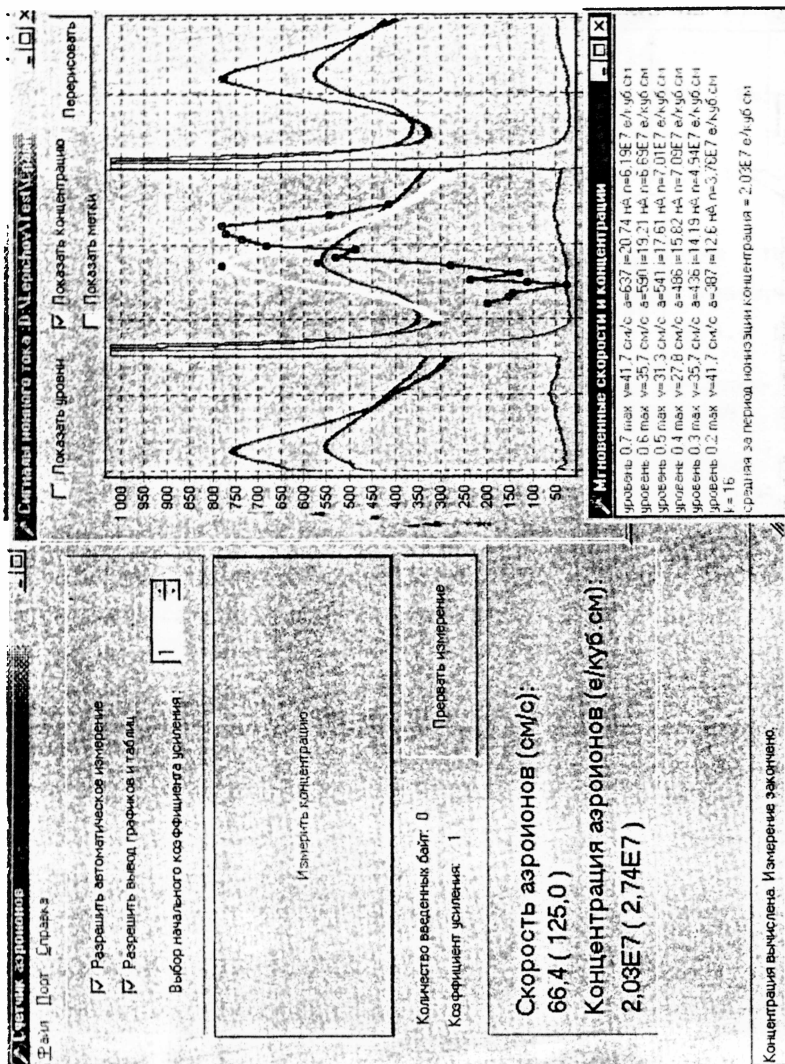


Рис. 3.
 Визуальное отображение результатов измерения
 концентрации и скорости распространения аэроионов

Издательство "Гуманитарий" Академии гуманитарных
исследований.

Лицензия ЛР № 064429 от 01.02.1996.
117933, г. Москва, Ленинский пр., д. 6.

Отпечатано в Издательском центре ИСАА при МГУ.
Москва, Моховая, 11

Формат 60х90/16. Гарнитура типа Таймс.
Тираж 150 экз.