

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ**

«На правах рукопису»
УДК 621.38: 615.8

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Юлія ЯМНЕНКО
(ініціали, прізвище)
“ ” 2020р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальністю 171 Електроніка
(код і назва)

освітня програма (спеціалізація) Електронні прилади та пристрої

на тему: Озонотерапевтичний апарат на коронному розряді

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ДЕ-91мп
(шифр групи)

Андрієнко Ольга Володимирівна _____
(підпис)

Науковий керівник проф. каф. ЕПС, д.т.н., проф., Анатолій КУЗЬМИЧСВ _____
(підпис)

Рецензент доц. каф. МЕ, к.т.н., доц. Дмитро ТАТАРЧУК _____
(підпис)

Консультант
по нормоконтролю доц. каф. ЕПС, к.т.н., доц., Лариса БАТРАК _____
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки

(повна назва)

Кафедра Електронних пристроїв та систем

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо - професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка

(шифр і назва)

Освітня програма (спеціалізація) Електронні прилади та пристрої

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

Юлія ЯМНЕНКО
(прізвище ініціали)

« ____ » _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Андрієнко Ольга Володимирівна

1. Тема дисертації Озонотерапевтичний апарат на коронному розряді
науковий керівник дисертації Кузьмичев А.І. д.т.н., проф.
затверджені наказом по університету від «05» листопада 2020 року № 3241-с
2. Термін подання студентом дисертації 10.12.2020 року
3. Об'єкт дослідження коронний розряд в формі, придатний для застосування в озono-терапевтичному апараті з концентрацією генеруємого озону до 1 г/м³
4. Вихідні дані надмірний тиск кисню на вході 0,25-0,8 МПа, масова концентрація озону на виході 0,02-0,2 г/ м³, режим роботи апарата повторно-короткочасний, діапазон тривалості процедури 3-30 хв, потужність споживання при живленні від мережі змінного струму напругою (220±22) В не більше 50Гц.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналіз стан розробок озono-терапевтичних апаратів, обґрунтування вибору типу газового розряду для застосування а озono-терапевтичному апараті, розробка моделі коронного розряду у коаксіальній електродній системі з тонко-дротовим катодом і розрахунок параметрів розряду, розробка ескізний проект озono-терапевтичного апарата

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу схема структурна озono-терапевтичного апарата, схема структурна озono-терапевтичних процедур, схема структурна газової системи, схема електрична макета озонатора.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Андрієнко О.В., Дрозд І. В., Кузьмичев А.І. Газорозрядні системи атмосферного тиску для біомедичних застосувань // Електронна і акустична інженерія. – Київ. 2020, Том. 3, №. 3, с. 11-14; Андрієнко О.В., Кузьмичев А.І. Сидоренко С.Б., Мельниченко Д. Д. Моделювання високовольтного іонного діода з дровим катодом при атмосферному тиску // Мікросистеми, електроніка, акустика, 2020 (пройшла рецензування, готується до друку).

8. Дата видачі завдання 28.10.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд науково-технічної літератури за темою дисертації та узагальнення даних по застосуванню в біомедицині розрядів атмосферного тиску	28.10-04.11	
2	Конструювання на основі пакету COMSOL фізико-математичної моделі коронного розряду у коаксіальній електродній системі з тонко-дротовим катодом і розрахунок параметрів розряду	04.11-11.11	
3	Проведення вимірювання на макеті озонатора	11.11-13.11	
4	Підготовка статті за результатами моделювання та вимірювання	13.11-20.11	
5	Виконання ескізного проекту озono-терапевтичного апарата і креслень	20.11-02.12	
6	Оформлення пояснювальної записки	02.12-10.12	
7	Підготовка презентації по темі роботи для допуску до захисту дисертації	04.12-07.12	

Студент

(підпис)

Ольга АНДРІЄНКО

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Анатолій КУЗЬМИЧЄВ

АНОТАЦІЯ

Мета представленої роботи це створення протипу озono-терапевтичного апарата на коронному розряді і експериментальна валідація обраного напрямку його розробки.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі: створено фізико-топологічну модель коронного розряду, яка враховує найбільш важливі фізичні процеси в дрейфово-дифузному наближенні в умовах дії самоузгодженого електричного; виконано експериментальні дослідження коронного розряду на дослідному макеті з тонко-дротовим катодом і порівняні результати моделювання з експериментом з метою валідації побудованої моделі коронного розряду; виконані розрахунки з метою обґрунтування структури і геометрії озонатора й іншого приладдя для озono-терапевтичного апарата; розроблено ескізний проект озono-терапевтичного апарату. Результати досліджень були апробовані на наукових конференціях.

Ключові слова: озono-терапевтична апаратура, озон, газова система, коронний розряд, моделювання

ANNOTATION

The purpose of the presented work is to create a prototype of the ozone-therapeutic apparatus on the corona discharge and experimental validation of the chosen direction of its development.

To achieve this goal, the following tasks were solved: a physical-topological model of the corona discharge was created, which takes into account the most important physical processes in the drift-diffusion approximation under the conditions of self-consistent electric; performed experimental studies of the corona discharge on an experimental model with a thin-wire cathode and compared the simulation results with the experiment in order to validate the constructed model of the corona discharge; calculations were performed to substantiate the structure and geometry of the ozonator and other accessories for ozone-therapeutic equipment; the sketch project of the ozone-therapeutic device is developed. The research results were tested at scientific conferences.

Key words: ozone-therapeutic equipment, ozone, gas system, corona discharge, modeling

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. НАУКОВІ І ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ОЗОНОТЕРАПІЇ.....	10
1.1 Властивості озону як лікувальної речовини	10
1.1.1. Фізико-хімічні властивості озону.....	10
1.1.2. Механізм біохімічного дії озону.....	11
1.2. Основні принципи технології озонотерапії	14
1.3. Газорозрядні системи атмосферного тиску для озонотерапії.....	22
1.3.1. Особливості коронного розряду і його здійснення.....	23
Висновки до першого розділу.....	27
2. МОДЕЛЮВАННЯ КОРОННОГО РОЗРЯДУ З ДРОТОВИМ КАТОДОМ ПРИ АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ	29
.....	29
2.1 Опис моделі розряду	32
2.2 Результати моделювання розряду	34
2.3. Аналіз результатів моделювання і порівняння з експериментом.....	37
Висновки до другого розділу.....	
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ОЗОНУ В КОРОННОМ РОЗРЯДІ В КОАКСІАЛЬНІЙ ЕЛЕКТРОДНІЙ СИСТЕМІ З ТОНКО-ДРОТОВИМ КАТОДОМ	39
Висновки до третього розділу	40
4. РОЗРОБКА ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУ ОЗОНОТЕРАПЕВТИЧНОГО АПАРАТА ОТА-20	41
4.1. Формування структурно-алгоритмічної параметричної моделі озонної процедури методом газзації в камері-ізоляторі.....	41
4.2. Розробка структурної схеми озоно-терапевтичного апарата ОТА-20 для виконання процедур методом газзації в камері-ізоляторі і принцип дії апарата.....	43
	48

4.3. Розробка газової системи озono-терапевтичного апарата.....	50
4.4. Предбачувані параметри озono-терапевтичного апарата ОТА-20.....	52
Висновки до четвертого розділу.....	53
5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	67
Висновки до п'ятого розділу.....	68
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
РЕФЕРАТ	
ДОДАТОК А. МЕТОДИ ОЗОНОТЕРАПІЇ	
ДОДАТОК Б. ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОЗОНУ	
ДОДАТОК Г. СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМІЧНА ПАРАМЕТРИЧНА	
МОДЕЛЬ ОЗОННОЇ ПРОЦЕДУРИ МЕТОДОМ ГАЗАЦІЇ В КАМЕРІ-	
ІЗОЛЯТОРІ	

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час все більш активно проявляється інтерес до немедикаментозних методів лікування, які можуть замінити або істотно обмежити потребу в синтетичних лікарських препаратах і при цьому впливати на різні сторони патологічного процесу, сприяти регуляції порушеного гомеостазу, поліпшення функціонального стану різних органів і систем, активізації захисних сил організму. Одним з таких методів є лікувальне застосування озону, яке отримує значне поширення в клінічній практиці в нашій країні і за кордоном. Це тому, що озон володіє великою різноманітністю лікувальних ефектів. Наприклад, відомо, що він має антибактеріальну, антивірусну, протизапальну та імуномодельюючу дію, посилює мікрогемодінаміку, сприяє корекції порушень перекісного окислення ліпідів і підвищує активність системи антиоксидантного захисту завдяки штучному кисневому стресу. Все це дало можливість використовувати цей метод при лікуванні цілого ряду захворювань. Важливо і те, що озонотерапія є економічно афективним, оскільки потрібен тільки кисень медичної якості і недороге одноразове приладдя.

Для виконання озono-терапевтичних процедур потрібна спеціальна медична техніка – озono-терапевтична апаратура. Існуючі апарати – дуже дорогі і як правило, поставляються врачам по індивідуальним замовленням. Як правило вони призначені для виконання окремих видів процедур, оскільки кожний вид процедур потребує певних концентрацій і дозувань впливу. Озон є токсичним газом, тому озонна апаратура не повинна допускати перевищення концентрації озону в атмосфері робочої зони більше ГДК ($0,1 \text{ мг/м}^3$) в робочом режимі, а також в аварійних випадках порушення герметичності змінного приладдя або самого апарата.

Для отримання озону можна використовувати різні види газових розрядів, але в більшості випадків використовують розряд з діелектричним

бар'єром між металевими електродами. У випадку отримання концентрацій до 1 г/м^3 більш підходить коронний розряд між оголеними металевими електродами, один з яких чи обоє мають малий радіус кривизни (завдяки формі електродів у вигляді нитки/тонкої проволочки або загострень) з локальним посиленням електричного поля для підтримання газового розряду при атмосферному тиску. Такий розряд потребує більш простого DC джерела живлення і більш простої технології виготовлення озонатора. Зокрема відсутність діелектричного бар'єра у розрядному просторі озонатора підвищує надійність і термін служби озонатора. Коронний розряд з тонко-дротовим катодом дозволяє створювати протяжний розряд вздовж катода; це зменшує густину розрядного струму, рівномірно розподіляє енерговиділення в газі і тепловідвід від нього на стінку зовнішнього трубчатого електрода, що сприяє більш ефективній генерації озону, так як він схильний до розпаду навіть при невеликому нагріві. Все це робить коронний розряд з тонко-дротовим катодом більш переважним перед розрядом із звичайним вістрійним катодом. Однак озонатори з дротовим катодом недостатньо пропрацьовані з інженерної точки зору, не представлені в літературі їх фізико-топологічні моделі, які дозволяють розраховувати електричні характеристики. Таким чином, обраний напрямок данної роботи на вирішення вказаних проблем робить тему данної дисертації актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалась за планом роботи наукової групи ФЕЛ-17 в лабораторії КМФПвЕіПТ відповідно до завдання по ініціативній НДР "Дослідження електродинамічних ефектів у пристроях вакуумної та плазмової електроніки технологічного призначення ", ДР № 0119U103973.

Мета і завдання досліджень. Створення протипу озono-терапевтичного апарата на коронному розряді і експериментальна валідація обраного напрямку його розробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Створити фізико-топологічну модель коронного розряду, яка враховує найбільш важливі фізичні процеси в дрейфово-дифузному наближенні в умовах дії самоузгодженого електричного (тобто враховувати поле електродів і просторовий заряд частинок, генеруємих в міжелектродному проміжку);

2. Виконати експериментальні дослідження коронного розряду на дослідному макеті з тонко-дротовим катодом і порівняти результати моделювання з експериментом з метою валідації побудованої моделі коронного розряду;

3. Виконати розрахунки з метою обґрунтування структури і геометрії озонатора й іншого приладдя для озono-терапевтичного апарата;

4. Виконати ескізний проект озono-терапевтичного апарата;

5. Опублікувати результати своїх досліджень и апробувати їх на наукових конференціях.

Об'єкт дослідження — коронний розряд в формі, придатній для застосування в озono-терапевтичному апараті з концентрацією генеруємого озону до 1 г/м^3 .

Предмет дослідження — фізико-топологічна модель коронного розряду, яка враховує процеси іонізації, рекомбінації, прилипання електронів до молекул газу, упругі зіткнення заряджених частинок з молекулами газу, вторинною іонно-електронною емісією металевго катода в самоузгодженому з електричним полем режимі. Експериментальні електричні параметри коронного розряду з тонко-дротовим катодом і характеристики генерації озону.

Методи дослідження:

1. Бібліографічний аналіз інформаційних матеріалів по озонотерапії, плазмової медицини, фізики і техніки газових розрядів для визначення рівня розвитку зазначеної галузі науки і техніки та вибору напрямку розробки.

2. Комп'ютерне фізико-топологічне моделювання газорозрядних пристроїв атмосферного тиску для вивчення особливостей коронного розряду і розрахунку електричних характеристик.

3. Експериментальні вимірювання електричних параметрів коронного розряду, величини газових потоків і концентрації озону в газових потоках.

4. Методи проектування електронних і газорозрядних пристроїв для виконання проекту озono-терапевтичного апарата.

Наукова новизна одержаних результатів. Полягає в визначенні:

1. Особливостей розподілу електричного потенціалу поблизу катода з урахуванням утворення як позитивних, так і негативних іонів,

2. Особливостей розподілу концентрації заряджених частинок в міжелектродному проміжку, які раніше не були описані в літературі.

3. Залежності концентрації озону від струму і потоку кисню через коронний розряд

Практичне значення одержаних результатів

1. Створено метод розрахунку вольт-амперних характеристики озонатора, при цьому результати розрахунку відповідають експерименту;

2. Був визначення розмір області в міжелектродному проміжку, де електрони мають енергію, необхідну для хімічного перетворення робочого газу, це дозволить мінімізувати розміри озонатора и робочу напругу;

3. Виконаний проект озono-терапевтичного апарату для демонстрації зацікавленим медичним закладам.

4. Є домовленість із спеціалістами інституту епідеміології МедАНУ про продовження роботи по створенню пристрою для антибактеріальної і антивірусної обробки повітряного середовища в приміщеннях.

Особистий внесок здобувача. Збір і первинний аналіз інформаційних матеріалів по темі роботи виконувала особисто, а обговорення - спільно з науковим керівником. Розрахунки на комп'ютері виконувала особисто, але консультувалася з ІТ фахівцями. Результати розрахунків обговорювала з

науковим керівником. Вимірювання на макеті озонатора виконувала особисто. Ескізний проект озono-терапевтичного апарату виконувала за участю наукового керівника. Текст дисертації писала особисто.

Апробація результатів дисертації. 1. Доповідь «Генератор озону на коронному розряді з дрововим катодом» на IV Міжнародної наук.-практ. конференції “Прикладні науково-технічні дослідження”, 1-3 квітня 2020 р., м. Івано-Франківськ. Опубліковані тези доклада: Том 1, с.121-122. 2. Доповідь на наук. конференції “Електроніка 2020”, квітень 2020 р., м. Київ, КПІ, “Газорозрядні системи атмосферного тиску для біомедичних застосувань” опублікована стаття в журналі ЕіАІ.

Публікації. 1. Стаття “Газорозрядні системи атмосферного тиску для біомедичних застосувань”. Журнал Електронна і акустична інженерія. 2020. Том. 3, №. 3, с. 11-14. 2. Стаття “Моделювання високовольтного іонного діода з дрововим катодом при атмосферному тиску”. Журнал Мікросистеми, електроніка, акустика, 2020.

Структура та обсяг дисертації – дисертація складається з чотирьох розділів Загальний обсяг дисертації — 103 сторінки, у тому числі 72 сторінок основного тексту, містить 19 рисунків, 27 таблиць, 2 додатки, 33 використаних джерел списку літератури.

1 НАУКОВІ І ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ОЗОНОТЕРАПІЇ

1.1. Властивості озону як лікувальної речовини

1.1.1. Фізико-хімічні властивості озону

Озон - високоактивний хімічний елемент, який здобув популярність завдяки своїй активній ролі в підтримці екологічної рівноваги на Землі. Він охороняє живі організми від дії ультрафіолетових променів. На висоті від 20 до 30 км над поверхнею Землі під впливом вакуумного УФ-випромінювання Сонця з атмосферного кисню постійно утворюється озон у вигляді безбарвного газу і, навпаки, саме молекула озону може абсорбувати частку УФ-випромінювання, що знову веде до утворення 2-атомного кисню. В результаті цього процесу підтримується озоновий шар - озоносфера, яка служить щитом від жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця, виконуючи завдання збереження біологічної рівноваги в біосфері. Тільки незначна кількість озону в результаті дії повітряних турбулентних потоків потрапляє в шари атмосфери, близькі до Землі. Сліди його відчують за характерним запахом після сильної грози.

Озон (O_3) є алотропною формою кисню. Кисень може перебувати у вигляді однієї зі своїх форм [1]:

- 1) одноатомний кисень - високоактивна і дуже нестабільна форма, так як вона має дві вільні валентні зв'язки;
- 2) двоатомний кисень - широко поширена і стабільна форма, оскільки не має вільних зв'язків;
- 3) озон – молекула яка утворена 3 атомами кисню, що має один вільний зв'язок, що забезпечує високу активність даної молекули, за рахунок чого озон є більш сильним окислювачем, ніж кисень.

Озон при нормальних умовах - газ з різким запахом. При дуже низьких концентраціях, що становлять частки від гранично допустимих концентрацій (ГДК), запах відчувається як приємна свіжість, але зі збільшенням

концентрації стає неприємним. До нього легко звикнути. При концентраціях близько 10 ГДК озон відчувається дуже добре, але через кілька хвилин відчуття пропадає практично повністю. Це необхідно мати на увазі при роботі з ним, так як озон в певних дозах - шкідлива речовина. ГДК озону в робочій зоні дорівнює 0,1 мг / м³. При концентраціях вище 15-20% газоподібний озон має блакитний колір. При атмосферному тиску і температурі 161,3 К він перетворюється в рідину темно-синього кольору. При температурі 80,6 К стає твердим. Рідкий озон схильний до переохолодження: за старими даними, температура плавлення дорівнює 23 К. Твердий озон темно-фіолетового кольору. При концентрації вище 20% газоподібний озон може перетворюватися в кисень вибуховим чином. Те ж відноситься до рідкого і твердого озону. Ініціаторами при цьому можуть бути: термічний нагрів, ультрафіолетове або ІЧ - лазерне випромінювання, органічні домішки, каталізатори.

1.1.2. Механізм біохімічного дії озону

Озон активно вступає в реакції з різними біологічними об'єктами, в тому числі зі структурами клітини. При парентеральному введенні основна дія озону відбувається на організм опосередковано за рахунок дії «озонідів» - з'єднань озону з органічними сполуками, що містять «подвійні зв'язки». Основна маса подвійних зв'язків знаходиться в ненасичених жирних кислотах, що дозволяє вважати органічним озонідом перекис ненасиченої жирної кислоти, що володіє неспецифічним фунгі-, бактерії-, вірусоцидною дією і надає системний метаболічний ефект на всі тканини і клітини організму. В силу упаковки ліпідів і білків в біомембранах, саме плазматичні мембрани виступають в ролі основної «мішені» біологічної дії озону на клітку. Найбільш добре вивчені наступні властивості озону:

1. Бактерицидна і противірусна дія. Бактерицидні властивості озону поширюються по відношенню до всіх видів грампозитивної і грамнегативної

флори. Безпосередніми причинами загибелі бактерій при дії озону є, з одного боку, локальні пошкодження плазматичної мембрани в процесі озонолізу подвійних зв'язків, з іншого - озоноіндукована модифікація внутрішньоклітинного вмісту (окислення білків, порушення функції органел) за рахунок дії вторинних окислювачів. Встановлено також підвищення чутливості бактерій до дії антибіотиків і білків системи комплементу на тлі проведеної озонотерапії.

Антивірусна дія озону реалізується на рівні рецепторів поверхні вірусу. При цьому відбувається окислення «вірусного шипа», за рахунок якого здійснюється взаємодія з клітинами-мішенями. Крім того, певну роль в цьому процесі відіграють «непереносимість» пероксиду інфікованими клітинами і зміна активності ферменту зворотної транскриптази, що бере участь в синтезі вірусних білків. Дезінфікуюча активність озону проявляється також щодо грибів і найпростіших.

2. Протигіпоксичний ефект - один з найбільш потужних системних ефектів озонотерапії. Він реалізується за двома напрямками: через поліпшення кисневого транспорту і за рахунок позитивного впливу на процеси утилізації кисню. Активація транспорту кисню до тканин на тлі озонотерапії пов'язана зі зростанням його парціального тиску (pO_2) в артеріальній і венозній крові, з підвищенням деформабельності еритроцитів, здатних проникнути в дрібніші капіляри, і, нарешті, зі зменшенням зв'язку гемоглобіну з киснем. Остання обставина пов'язане з активацією в еритроцитах процесу гліколізу і 2,3-дифосфоглицерата - з'єднання, що підвищує віддачу гемоглобіном кисню тканинам. У механізмах протигіпоксичну дію певну роль грає вазодилатація, що стосується в першу чергу артеріол і посткапілярних венул. Вазодилатуючий ефект озону пов'язаний з виділенням ендотеліоцитами так званих «ендотеліальних факторів розслаблення судин», до яких відноситься оксид азоту (NO). Індукування процесів утилізації кисню клітинами організму в процесі озонотерапії пов'язано з активацією киснево реакцій, до яких

відноситься гліколіз, β -окислення жирних кислот, цикл Кребса. З проміжних продуктів цих реакцій становлять інтерес відновлені форми нікотинамідінуклеотид (НАД) і нікотинамідінуклеотид відновленого (НАДФ), що є донорами протонів для природних антиоксидантів (глутатіону, α -токоферолу, аскорбінової кислоти), окислені форми яких неактивні. В результаті підвищується потужність антиоксидантних систем захисту [Rokitansky], одночасно оптимізується робота мітохондріального дихальної мережі, прискорюється утворення макроергічних сполук (АТФ, АМФ).

3. Зменшення ступеня тканинної гіпоксії є одним з механізмів протизапальної дії озонотерапії. До інших механізмів цього ефекту відносяться переривання циклу утворення простагландинів як ефекторів запалення за рахунок окислення арахідонової кислоти, відновлення нормального рН і електролітного балансу в вогнищі запалення.

4. Озон має виражену знеболюючу дію. При цьому зменшення інтенсивності гострого болю обумовлено безпосереднім окисненням алгопептидів, що утворюються в місці пошкодження тканини і беруть участь у передачі ноцицептивного сигналу в ЦНС. У купірованій хронічних больових синдромів велика роль відводиться відновленню балансу між процесами перекисного окислення ліпідів і антиоксидантного захисту, а також активації антиноцицептивної медіаторних систем.

5. Було встановлено, що в основі реакцій з боку системи згортання крові лежить відновлення електричного заряду мембран формених елементів крові (еритроцитів, тромбоцитів), що виявляється зниженням їх агрегаційної здатності. Одночасно спостерігається зниження рівня фібриногену і підвищення фібринолітичної активності плазми.

6. Імуномодулюючий ефект озонотерапії реалізується через вплив на мембрану макрофагів і лейкоцитів за допомогою вторинних цітохінов і лимфокинов, які беруть безпосередню участь в регуляції активності клітинного і гуморального ланок імунітету.

7. Дезінтоксикаційний ефект яскраво виражений і проявляється через оптимізацію функції мітосомальної системи гепатоцитів і посилення ниркової фільтрації.

1.2. Основні принципи технології озонотерапії [2, 3, Додаток А]

Перші повідомлення про застосування озону з лікувальною метою з'явилися у 30-і роки минулого століття, коли професор Е. Пайр застосував озон при лікуванні менінгіту. Досить висока ефективність застосування озонотерапії в клінічній практиці встановлена при ряді патологічних процесів і захворювань: опіках, виразках, пролежнях і гнійно-атрофічних процесах, у випадках порушення магістрального периферичного кровообігу або гострої крововтрати, в онкології, кардіохірургії, захворюваннях верхніх дихальних шляхів і легенів, інфекційних, особливо вірусних, хворобах, в дерматології [3]. При лікуванні цих категорій хворих традиційними методами виникають проблеми, обумовлені труднощами в проведенні цілеспрямованої антибактеріальної терапії у випадках запальних та виразково-некротичних процесів через відсутність необхідних відомостей про бактеріальну флору і її чутливість до лікарських засобів резистентністю мікробної флори до найбільш доступним лікарських засобів, антибіотиків; збільшенням кількості хворих з патологічною гіперчутливістю до шкідливої дії лікарських форм, що призводить до алергії, дисбактеріозу, поразок нирок, печінки, слухового апарата; зростанням фінансових витрат на лікарські засоби.

При розвитку запальних і виразково-некротичних процесів це супроводжується не тільки тривалою непрацездатністю, а й значними труднощами в організації лікувального процесу, багаторазової зміні різних схем лікування. Лікувальна дія озону може бути пояснена в рамках наступних механізмів [2, 3]: патогенетичний ефект озонотерапії визначається високим окислювально-відновним потенціалом озону, великими швидкостями реакцій з білками, жирами, вуглеводами; взаємодія озону з кров'ю супроводжується

підвищенням напруги кислоти Po_2 , посиленням киснево залежних процесів, пов'язаних з виробленням і утилізацією енергетичних субстратів, дисмутацією кисневих радикалів, активізацією імуннокомпетентних систем, деінтоксикаційних механізмів; на рівні цілісного організму відбувається оптимізація центральній і системної гемодинаміки дихання, поліпшення периферичного кровообігу, підвищення імунологічного статусу. На рис. 1.1. зображено прилад для місцевої дарсонвалізації.

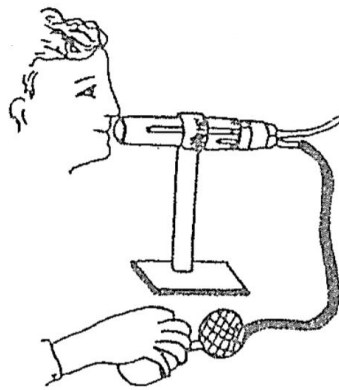


Рис 1.1. Прилад для інгаляційного впливу озонованим повітрям з використанням вакуумного електрода від апарату для місцевої дарсонвалізації [3]

В якості носія озону виступають газові потоки, іонні розчини (фізіологічний розчин), 5%-ий розчин глюкози, різні кровозамінники, мазі, рослинні масла. В цьому випадку озон і активні форми кисню утворюються при контакті з носіями.

Для отримання озону застосовують ультрафіолетове опромінення кисню або кисневмісних газів В електричному газовому розряді і електрохімічні методи [1]. Однак найбільш простим зручним є синтез озону в газовому розряді. Для отримання озону використовують різні форми газового розряду, найчастіше застосовують розряди, які підтримувати при атмосферному тиску - бар'єрний, коронний з вістрійними електродами і іскровий.

Енергетична ефективність синтезу озону в цих розрядах приблизно однакова (10 - 100 г озону на 1 кВт / год).

Найбільш широко застосовується бар'єрний розряд, що містить діелектричну стінку на шляху проходження електричного струму. Наявність діелектричного бар'єра стабілізує роботу озонатора, який піддається руйнуванню і ускладнює тепловідвід. Для озонаторів на іскровому розряді слід застосовувати складні генератори коротких імпульсів. Коронний розряд в системі з вістрійних електродами працює на постійному струмі і не містить бар'єру, проте, можливе руйнування вістр при роботі в напруженому режимі.

Зі сказаного випливає, що для озонаторів малої продуктивності доцільно застосовувати коронний розряд з вістрійних електродами, для підвищеної продуктивності - бар'єрний.

Розглянемо різні методики озонотерапії і її технічне забезпечення.

Озонова інгаляція. Цей вид процедур застосовується з використанням апарату для місцевої дарсонвалізації [3].

Фахівці Нижегородського медінституту [2] запропонували конструкцію, яка допускає роботу інгалятора разом з апаратом "Іскра-1". На рис. 1 приведена схема інгаляційного впливу озоно-повітряною сумішшю. Достатність концентрації озону перевіряють йодною-крохмальною папірцем. Позитивний ефект даного методу спостерігали при грипозних станах, ларингіті, фарингітах. Тривалість лікувальних процедур 2-3 хв, при гострих формах грипу проводили три-чотири процедури, хронічних ларингітах -10-20.

Озонові ванни вперше запропоновані А.І. Сеппо для лікування опікових хворих [3]. Схему установки, створеної А.Ю. Верес і В.І. Зайцевим, ілюструє рис. 1.2 [3], де 1 – кисневий балон, 2 – ротаметр, 3 – манометр, 4 – кнопка включення озонатора, 5 – кнопка включення насоса, 6 – кнопка включення витяжної вентиляції, 7 – пульт керування озонатором, 8 – озонатор, 9 – змішувач озону з циркулюючою рідиною, 10 – патрубок для подачі озонованої рідини з ванни у змішувач, 11 – трубопровід рециркуляції, 12 – кран, 13 – ванна, 14 – витяжна вентиляційна труба, 15 – витяжний вентилятор

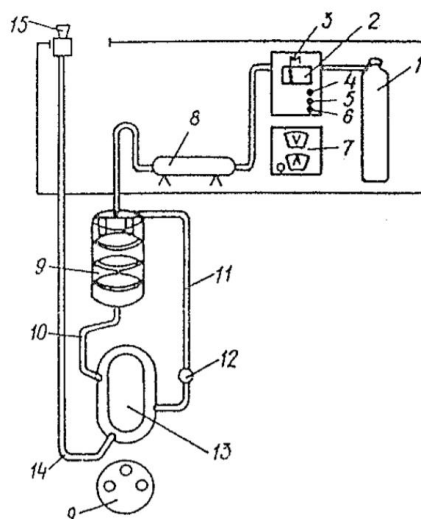


Рис 1.2. Схема установки для проведення озонових ван:

Процедура лікування наступна. Поміщеного в ванну хворого накривають поліетиленовим покриттям. Потік кисню, що входить в озонатор, не перевищує 4-10 л/хв. За допомогою потужної вентиляційної установки з-під покриття повністю видаляють озон, його запах не повинен відчуватися у приміщенні.

Озонова обробка в камерах-ізоляторах. Камери-ізолятори виготовляють із синтетичних еластичних пластикових мішків. На рис. 1.3. представлена схема озонної обробки по Ханслеру [2, 3], 1 – озонатор, 2 – синтетичний прозорий мішок, 3 – відсмоктувач (а – герметизація мішка і відсмоктувача повітря, б – обробка озонокисневою сумішшю, в – відсмоктування залишкового озону). Герметичний синтетичний мішок 2 надівається на кінцівки, потім при слабкому тиску з нього видаляється за допомогою відсмоктувача 3 повітря, після чого він наповнюється озоном з озонатора. Метод може застосовуватися для озонування всіх ділянок тіла пацієнта, крім голови. Зазвичай процедура триває 10-30 хв, потім газ через деструктор по трасі видаляється, щоб озон не потрапив в робоче приміщення. Перед процедурою необхідно зволожити шкіру або ранову поверхню. Спосіб застосуємо при різних видах екзем, бактеріальних інфекціях,

порушеннях периферичного кровообігу, виразках гомілки, ранах що погано гояться.

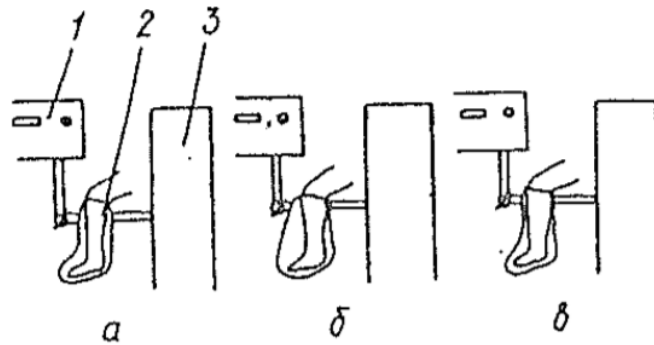


Рис 1.3. Схема обробки кінцівок в замкнутому просторі еластичних пластикових мішків:

Обробка озонокисневою сумішшю при пониженому тиску

Запропонований Веркмайстером метод [3] застосовується для лікування пролежнів, виразок голені, ран які погано загоюються, болючих глибоких рубців, рубців від опромінення, променевих виразок і поверхневих пухлин викликаних рентгенівським опроміненням.

Схема газової обробки показана на рис. 1.4, де 1 – озонатор, 2, 4 – газові труби, 3 – кушетка, 5 – посудина для збору виділень з рани, 6 – вакуумний ковпак(банка). Озонокиснева суміш, що надходить з озонатора, подається в ковпак з прозорого синтетичного матеріалу, що накриває оброблювану ділянку, і висмоктується з ковпака при зниженні тиску [2,3]. Останнє підтримується таким, щоб ковпак щільно прилягав до оброблюваної поверхні і під нього не засмоктувалося атмосферне повітря, озон при цьому не повинен надходити в робоче приміщення. Так як іноді рани кровоточать або посилюються виділення з ран, то приєднується спеціальна кювета (посудина). Процедура проводиться під тиском 0,1-0,3 атм з потоком кисню 1-3 л / хв, тривалість процедури 10-20 хв.

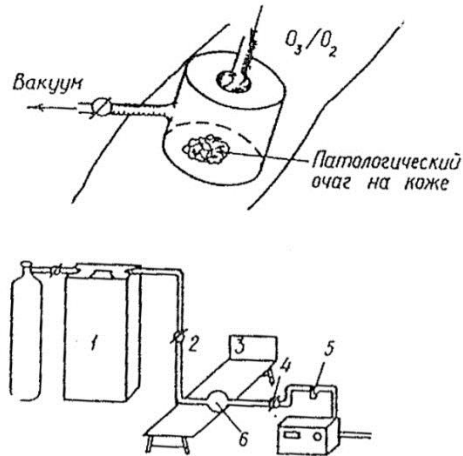


Рис 1.4. Розташування вакуумного ковпака(банки) на поверхні тіла і схема обробки озоном при пониженому тиску [3]:

Обробка озоном в камерах з зовнішньою відсмоктуючою порожниною

При озонотерапії однією з важливих проблем є зниження вмісту озону в повітрі робочої зони терапевтичного апарату. В роботі пропонується конструкція камери-ізолятора з зовнішньою відсмоктуючою порожниною, яка дозволяє в якійсь мірі вирішити цю проблему. В цій конструкції камера-ізолятор виконується у вигляді двох ковпаків [3]. Порожнина внутрішнього ковпака, що контактує з оброблюваною поверхнею, заповнюється озоновмісною сумішшю, а газ з порожнини між ковпаками відкачується зовнішнім пристроєм, що забезпечує притиснення камери-ізолятора до тіла пацієнта і запобігає витіку газу в зовнішню атмосферу.

Підшкірне введення озону [2, 3].

З високою ефективністю підшкірні ін'єкції озону застосовувалися ще в 1935-1936 рр. Е. Пайр і Р. Аубургом, які працювали з концентраціями озону порядку 1-2 г / м³. Особливо хороші результати досягалися при лікуванні фурункульозу. А.А. Павлоковец в 1970-1975,гг. застосував цю методику для лікування хворих з різними порушеннями місцевого кровообігу, проктологічних і шкірними захворюваннями. Поряд з місцевим впливом

відзначена позитивна динаміка і з боку всього організму, яка проявляється в підвищенні працездатності, покращенні самопочуття, зменшенні стенокардичних і гастритних явищ, покращенні нервово-психічного стану. Г. Армелін запропонував проводити цілеспрямовану ін'єкцію озону в акупунктурних точках. Болезаспокійливу дію озону, поліпшення трофіки клітин, здатність їх до регенерації настає швидко і надовго. Поєднання акупунктури і озонотерапії супроводжується їх взаємним потенціюванням, викликаючи не тільки новий імпульс енергетичної циркуляції за рахунок голковколуювання, але і її підтримку за рахунок озонотерапії, утилізації кисню. Перевагою підшкірного введення озону є можливість його введення уздовж лінії медіани, не добиваючись абсолютної точності ін'єкції, яка потрібна для акупунктури, так як при уприскуванні газ легко розподіляється і завжди досягає обраної точки.

Мала аутогемотерапія із застосуванням озону [2, 3]. Цей метод запропонований до Г.Г. Вольфом в 1958 р Суть його полягає в насиченні крові, взятої у пацієнта в обсязі 10 мл, озонокисневою сумішшю. Насичення здійснюється в спеціальному шприці шляхом струшування крові в озонокисневому середовищі протягом 20-30 с і подальшого введення її (крові) пацієнту. Для запобігання згортання крові газовий шприц попередньо гепаринизується.

Вливання крові і фізіологічного розчину, оброблених озоном [2]. Запропоновані методики внутрішньовенного, внутрішньоартеріального і внутрішньокісткового вливання пацієнту крові або фізіологічного розчину після обробки їх озоном. Ці вливання проводять з метою корекції кисневої заборгованості при гіпоксії та ішемії життєво важливих органів і тканин, порушення транспортної функції крові при ендотоксимії. Згідно однієї з методик, газоподібний озон об'ємом до 350-500 см³ на протязі 30-40 хвилин вводиться безпосередньо в губчасту речовину кістки за допомогою спеціальної голки.

Так як озон токсичний газ, то при озонотерапії необхідно передбачати міри по недопущенню ураження персоналу та пацієнтів. Для недопущення його витоку необхідно раціонально конструювати лікувальні камери-ізолятори, правильно встановлювати камери на тілі пацієнта і контролювати концентрацію озону в повітрі робочої зони.

Найпростіше наявність озону контролювати по його запаху, так як він має всім відомий запах свіжості після грози. Людина починає відчувати запах озону при концентрації 0,015 мг/м³ в той час як ГДК озону 0,1 мг/м³, тому можливе застосування цього методу контролю. Однак для адекватної кількісної оцінки повітряного середовища потрібно застосовувати методи, які відповідають встановленим у виробничій санітарії вимогам якісного і кількісного аналізу повітря в робочій зоні [1, 2]. Методи санітарного контролю поділяються на лабораторно-аналітичні, які використовують різні хімічні, фізичні і фізико-хімічні принципи, а також методи з використанням індикаторних трубок і автоматичних газоаналізаторів. Перші досить громіздкі і мало придатні для повсякденної озонотерапії, останні – широко розповсюджені. Індикаторні трубки можна застосовувати як для планового так і для оперативного контролю по розробленій методиці [3]. Із вітчизняних приладів на індикаторних трубках слід відзначити газодетектор хімічний ГХ-М і газоаналізатор універсальний переносний УГ-2. На жаль, в комплект останнього не входять трубки для індикації озону. Із закордонних відома фірма «Дрегер» (ФРГ) [3], які випускають індикаторні трубки для газодетектору «мультигаз-детектор» з повітрязабірним пристроєм сильфонного типу.

Лабораторно-аналітичні методи і прилади з індикаторними трубками не завжди забезпечують ефективний контроль, так як небезпечні концентрації озону в повітрі робочої зони можуть утворюватися за короткі проміжки часу, а ситуація виникнення небезпеки має випадковий характер. Тому більш доцільний контроль озону за допомогою автоматичних газоаналізаторів і

сигналізаторів, наприклад хемілюмінісцентного типу 652 ХЛ-01, електрохімічного типу «Атмосфера-11М» і різних спектроаналітичних приладів.

Найбільш підходящими для цих цілей є хемілюмінісцентні прилади фірми ЛЕК 3-02П, 3-02П-ПУ, АНКAT-76011 і аналізатор-сигналізатор АНКAT-7601 та інші, який випускає промисловість. Ці прилади чутливі в області ГДК озону і відносно малогабаритні. Однак найбільш зручно використовувати вбудовані безпосередньо в озонотерапевтичну установку сигналізатори досягнення ГДК озону в робочій області, наприклад на основі електрохімічного датчика з твердим електролітом.

Таким чином технологічно процес озонотерапії складається з наступних етапів: отримання озонокисневої суміші; подачі газу до біологічного об'єкту впливу, який поміщено в ізольований робочий об'єм; забезпечення необхідного часу контакту газового середовища з біологічним об'єктом; підтримання в період впливу заданої концентрації озону в газовому середовищі; відвід із робочого об'єму і руйнування відпрацьованої газової суміші.

1.3 Газорозрядні системи атмосферного тиску для озонотерапії

Для отримання озону можна використовувати різні види газових розрядів. Особливістю плазмової біомедицинської апаратури є робота головним чином з об'єктами, що знаходяться або у відкритій атмосфері, або в камерах-ізоляторах при тиску близько атмосферного, а для створення нетермічного плазмового середовища у газах високого тиску застосовуються особливі форми електричних розрядів і, як правило, висока напруга в одиниці-десятки кіловольт. Причому в багатьох випадках потрібно живлення розрядів змінним струмом кілогерцевого і мегагерцевого діапазонів або в імпульсному режимі. Для отримання нерівноважної нетермічної плазми атмосферного тиску (на відміну від сильнострумових дугових і іскрових розрядів з рівноважною

термічною плазмою) застосовують розряди з малою густиною струму і малою потужністю, і це той випадок, коли доцільно застосовувати розряди з вторинно-емісійним катодом. Нерівноважна плазма дозволяє реалізувати процеси, які неможливі в термічних розрядах і представляють великий інтерес для біомедичних застосувань. Наприклад, для генерації озону потрібна енергія електронів близько 10 eV, але нагрів газу до температури, що відповідає такій енергії, призведе до миттєвого розпаду озону [1, 4].

Для отримання озону в більшості випадків використовують розряд з діелектричним бар'єром між металевими електродами і коронний розряд (КР) між оголеними металевими електродами, один з яких чи обоє мають малий радіус кривизни (завдяки формі електродів у вигляді нитки або загострень) з локальним посиленням електричного поля. Також застосовують модифікації бар'єрного розряду – поверхневий (ковзний) і капілярний розряд, комбінації коронного розряду з бар'єрним і розряд з металевими електродами – поздовжній або поперечний тліючий розряд підвищеного тиску в потоці газу, мікроструктуровані системи електродів та інші [5, 6]. Далі обговоримо доцільність і особливості застосування газорозрядних систем на базі КР атмосферного тиску в озонотерапії.

1.3.1. Особливості коронного розряду і його здійснення

Відзначимо ще раз, що в будь-якому із зазначених вище розрядах певну роль відіграє вторинна емісія електродів, навіть якщо електроди покриті діелектриком [5]. Ця емісія найсильніше проявляється у випадках утворення близько катода шару позитивного просторового заряду з великим падінням напруги, в якому прискорюються іони, що йдуть на катод, а також при генерації поблизу катода ультрафіолетового випромінювання, здатного викликати вторинну фотоелектронну емісію катода. Через низьку енергію іонів при атмосферному тиску газу для іонно-електронної емісії важливим є механізм потенційного виривання, а роль фотоелектронної емісії незважаючи

на низькі значення її коефіцієнта може бути вирішальною в певних випадках. Може мати місце і вторинна електронна емісія, викликана збудженими і метастабільними атомними частками. Загальний коефіцієнт вторинної електронної емісії катода, тобто відношення струму електронної емісії до струму іонів на катоді, швидше за все, близько 0,01-0,1. Вторинні електронно-емісійні процеси найбільшою мірою реалізуються у КР з оголеним металевим катодом. У КР з зоною іонізації близько анода функціонує і інший тип вторинного емітера, в якості якого виступає зовнішня темна зона розряду у випадках, коли вона емітує вільні електрони і негативні іони у бік анода. Іони прискорюються і розпадаються у прианодній зоні з виділенням вільних електронів, які разом з електронами з зовнішньої зони теж прискорюються полем анода, іонізують газ і підтримують тим самим КР [4].

Ці обставини, а також те, що озонатори на коронному розряді мають певні конструктивні переваги перед озонаторами на бар'єрному розряді з діелектричним бар'єром, зумовили вибір апаратури на КР для дослідження і розробки в нашій роботі. Конструктивні переваги озонаторів на КР полягають у відсутності бар'єру і низькому опорі газовому потоку, тому немає необхідності істотно підвищувати тиск на вході в озонатори, а також можливості живлення озонаторів напругою постійного струму [4].

КР як електричне явище відомий давно і багато його характеристик проаналізовані та досить докладно описані в літературі [7], Хоча далеко не всі особливості виявлені через різноманітність умов при конкретних застосуваннях. На рис. 1.5. – рис. 1.8. наведені типові електродні системи КР, його внутрішня структура і різновиди [4].

На рис. 1.8 показано: A – анодний дріт, K – катодний дріт, Γ – границя катодної зони іонізації, Γ^+ – границя анодної зони іонізації, P – рекомбінація заряджених частинок у зовнішній зоні (зоні дрейфу). Границі Γ позначають емітер частинок, що йдуть із зони іонізації (електронів ліворуч і позитивних

іонів праворуч) і колектор частинок, що приходять (позитивних іонів зліва і негативних іонів / електронів праворуч).

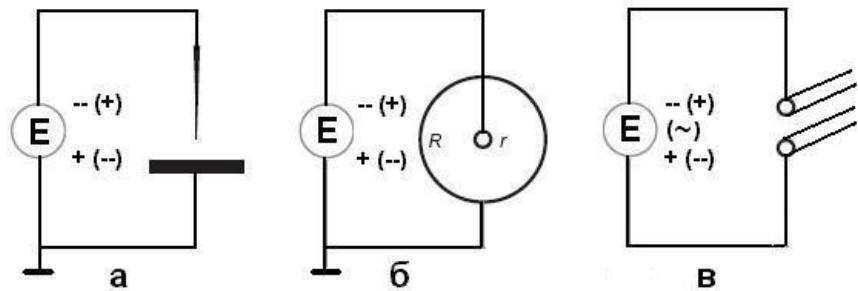


Рис 1.5. Найпростіші електродні системи для створення коронного розряду: **а** – вістрійна система, **б** – коаксіальна система "дріт/нитка – порожнистий циліндр/труба", **в** – біполярна двопровідна система

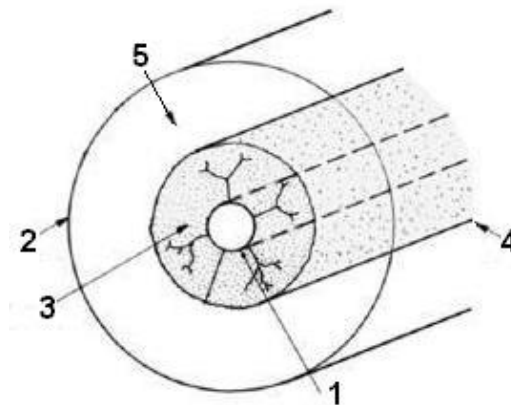


Рис 1.6. Структура уніполярного КР на прикладі коаксіальної системи: **1** – внутрішній електрод, **2** – зовнішній електрод, **3** – зона іонізації, **4** – умовна границя зони іонізації, **5** – зовнішня зона (зона дрейфу іонів)

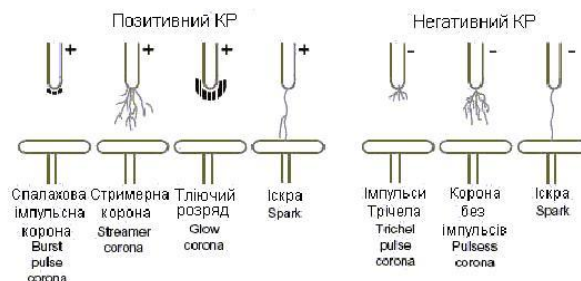


Рис 1.7. Різновиди уніполярного КР в системі з вістрям.

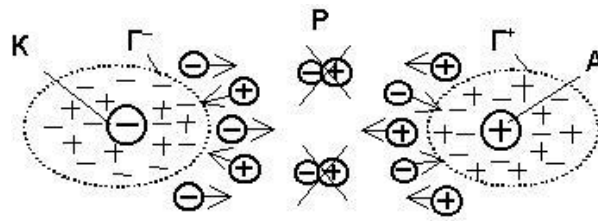


Рис 1.8. Структура біполярного КР між двома дротами

КР – це відносно стабільний високовольтний слабкострумний розряд з холодними вторинно-емісійними електродами, який сам підтримується ($U \sim 1 \dots 100$ кВ; струм – мікро- і міліампери при розмірах електродів до 1 м, але досягає амперного діапазону в разі кілометрових високовольтних ліній передачі енергії) [4]. Його головна особливість – істотна неоднорідність розподілу електричного поля, при якому поле поблизу одного або обох активних (коронувальних) електродів набагато сильніше поля в іншій частині міжелектродного проміжку. Напруженість поля біля активного електрода повинна бути більше критичної (початкової) E_0 для підтримки необхідної інтенсивності розмноження заряджених частинок в лавинному процесі іонізації газу електронами в умовах високого тиску газу. Для цього радіус кривизни поверхні електрода r повинен бути набагато менше довжини проміжку d (або $r \ll R$, див. рис. 1.5. (б)); так, відношення r/d має бути менше 0,15 [4].

Неоднорідний розподіл поля в КР дозволяє, по-перше, створювати розряд при помірно високій напрузі, а по-друге, частина розряду з низькою напруженістю поля діє як газовий баластовий резистор, стабілізуючи розряд. У разі плоских електродів або з великим r при підвищенні напруги відбувається іскровий пробій, минаючи стадію КР.

Для генерації озону може застосовуватися як уніполярний, так і біполярний КР, але другому присвячено набагато менше робіт. Він розглядався головним чином в системах з паралельних дротів, оскільки до них відносяться високовольтні лінії передачі енергії, рис. 1.5. (в) і рис. 1.8.

За зовнішніми проявами КР визначають як безстрімерний і зі стримерами (стрімер – ниткоподібне нестационарне світне відгалуження від зони іонізації в зовнішню зону), див. рис. 1.7. Поява стримерів супроводжується електричними коливаннями. Розряд зі стримерами є перехідною фазою перед іскровим пробоем міжелектродного проміжку, тому не можна очікувати від нього стабільної генерації озону та інших продуктів.

З вище цитованої літератури відома велика різноманітність конфігурацій електродних систем для створення КР, але завжди вони мають електроди з малим радіусом кривизни поверхні: нитки, дроти, сітки, різні загострені голки, зубчики [4]. Всі ці системи здатні генерувати озон, оскільки в них електрони мають енергію, необхідну для дисоціації молекул кисню в нетермічному газовому середовищі. Потім вільний атом кисню приєднується до молекули кисню з утворенням метастабільної молекули озону. Відзначимо, що КР і генерацію озону детально вивчали, головним чином, в системі “вістря – площа” або “два дроту”. Випадок “дріт в трубі” також вивчався, але досить слабо. І зовсім не пристосовувався до розробки озонотерапевтичного апарата, хоча така форма розряду цікава оскільки потребує відносно невеликих значень напруги живлення і працює на постійному струмі.

Коронний розряд з тонко-дротовим катодом дозволяє створювати протяжний розряд вздовж катода; це зменшує густину розрядного струму, рівномірно розподіляє енерговиділення в газі і тепловідвід від нього на стінку зовнішнього трубчатого електрода, що сприяє більш ефективній генерації озона, так як він схильний до розпаду навіть при невеликому нагріві. Все це робить коронний розряд з тонко-дротовим катодом більш переважним перед розрядом із звичайним вістрійним катодом. Однак озонатори з дротовим катодом недостатньо пропрацьовані з інженерної точки зору, не представлені в літературі їх фізико-топологічні моделі, які дозволяють розрахувати електричні характеристики. Таким чином, обраний напрямок даної роботи на вирішення вказаних проблем робить тему даної дисертації актуальною.

Висновки до першого розділу

Аналіз опублікованої науково-технічної інформації вказує на можливість створення і доцільного використання розрядно-плазмової апаратури на коронноому розряді для застосування у озонотерапевтичній апаратурі. Перспективною є апаратура на базі електродних систем з коронним розрядом типу “дріт в трубі”. Але для практичної реалізації подібної апаратури слід виконати дослідження озоногенеруючої системи з метою вибору оптимальної конфігурації металевих електродів і режиму електричного живлення. На наш погляд найбільш цікаво спрямувати досліди на застосовування безструмерної форми коронного розряду.

На мій погляд дослідження доцільно виконувати метом математичного моделювання. Для цього потрібно побудувати математичну фізико-топологічну модель КР

Виходячи з міркувань практичного, тобто реального і поширеного у майбутньому, використанню озонотерапевтичній апаратури на базі коронного розряду, необхідно забезпечити зберігання експлуатаційних параметрів апаратури протягом 8-ми годинного робочого дня при загальній тривалості напруцювання не менше 1000 годин. Ці здатності повинні бути експериментально підтверджені. Також необхідно забезпечити лінійність градуовальної характеристики озонатора, математично формалізувати її і визначити вплив на неї різних факторів.

2 МОДЕЛЮВАННЯ КОРОННОГО РОЗРЯДУ З ДРОТОВИМ КАТОДОМ ПРИ АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ

Коронний розряд являє собою високовольтне електричне явище з нетермічною плазмою в двоелектродній структурі. Класифікація даного розряду як нетермічного означає, що в ньому не використовується термоелектронна емісія катода і теплова іонізація газу. Через труднощі ініціювання і підтримання нетермічного розряду при атмосферному тиску між плоскими електродами застосовують електроди у вигляді дротів або вістр, на яких сильно підвищується напруженість електричного поля, що забезпечує підтримання розряду при не дуже високій напрузі (20-30 кВ замість 100 кВ і більше) [4]. Розряд з дрововими або вістряними електродами називають коронним через локалізоване світіння газу в областях з високою напруженістю поля. Фізико-математичне моделювання суттєво полегшує конструювання високовольтних озонаторів на коронному розряді, замінюючи трудомісткі та дорогі експерименти, однак воно недостатньо розроблено і потребує свого розвитку. Більш-менш опрацьовано питання розрахунку напруги виникнення розряду атмосферного тиску [7-14], але також є потреба визначити і інші електричні характеристики розряду.

Таким чином, мета даного розділу дисертації – визначення розподілів потенціалу і густини (концентрації) заряджених частинок в міжелектродному проміжку, густини іонних і електронних струмів на електродах, а також визначення впливу геометрії, напруги і температури газу на параметри розряду в іонному діоді.

2.1. Опис моделі розряду

Система електродів – коаксіальна. Внутрішній катод являє собою тонкий дріт діаметром $d = 2R_1$, діаметр зовнішнього трубчатого електрода $D = 2R_2$, довжина катода – 30 см (рис. 2.1.). Розряд передбачається дифузним, симетричним і однорідним вздовж осі. Вважається, що температура T і фонові

щільність N азоту постійні між електродами. Таким чином модель є одновимірною в радіальному напрямку між електродами і описує поведінку заряджених частинок за допомогою рівнянь в гідродинамічному дрейфово-дифузному наближенні. Для цього використовуємо рівняння для локального балансу частинок, самоузгоджено пов'язаних з рівнянням Пуассона для локального електричного поля:

$$\frac{\partial}{\partial t}(n_{e,p,n}) + \nabla \left[\left(\frac{q}{e} \right) n_{e,p,n} (\mu_{e,p,n} \mathbf{E}) - \mathbf{D}_{e,p,n} \nabla n_{e,p,n} \right] = S_{e,p,n}, \quad (2.1)$$

$$\nabla^2 \phi = -\rho / \epsilon_0, \quad (2.2)$$

$$P = NkT, \quad (2.3)$$

де n , μ і \mathbf{D} – густина, рухливість і коефіцієнт дифузії частинок (індекси: e – електронів; p – позитивних і n – негативних іонів молекулярного азоту); q – заряд частинок; e – модуль заряду електронів; S – ефективна генерація (за виключенням загибелі) частинок, \mathbf{E} – напруженість поля, ϕ – електричний потенціал, ρ – густина просторового заряду, ϵ_0 – електрична стала, P , N , T – тиск, густина і температура молекулярного азоту, k – константа Больцмана.

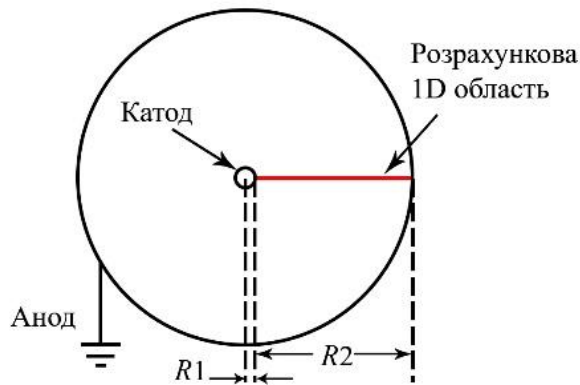


Рис 2.1. Коаксіальна система електродів іонного діода

На електродах прийняті наступні умови для електронів: на катоді має місце вторинна іонно-електронна емісія, її коефіцієнт γ (2-й коефіцієнт

Таунсенда) дорівнює $\gamma = 0,05$, на аноді електрони поглинаються без відбиття. Іони азоту на електродах перетворюються в нейтральні молекули без відбиття.

В міжелектродному проміжку нові електрони і позитивні іони генеруються в результаті іонізації молекул азоту прискореними електронами, іонізація описується стандартним рівнянням з використанням 1-го коефіцієнта Таунсенда α . Генерація негативних іонів, рекомбінація позитивних і негативних іонів и електронів описується рівняннями приєднання електронів і рекомбінації в стандартній формі з використанням відповідних коефіцієнтів цих реакцій. Вказані стандартні рівняння і залежності коефіцієнтів Таунсенда і вказаних реакцій від локальної приведеної напруженості електричного поля $E(r)/N$ взяті з літератури [14-16].

Оскільки внаслідок високого тиску газу швидкість отримання енергії електронами від електричного поля локально врівноважується швидкістю втрати енергії, ми змогли використовувати наближення локального поля, що означає, що електрони перебувають в локальній рівновазі з електричним полем, і середні властивості електронів можуть бути виражені як функція від наведеного електричного поля (E/N). Тобто коефіцієнти переносу і джерела частинок добре параметризовані за допомогою наведеного електричного поля. Також відмітимо, що у наближенні локального поля рівняння для середньої енергії електронів не треба вирішувати, а це значно знижує складність чисельної задачі.

Система рівнянь вирішувалась методом кінцевих елементів і використовувалась схема Шарфеттера–Гаммела для усунення чисельної нестабільності числової щільності заряджених частинок, пов'язаної з методом кінцевих елементів [15]. Це необхідно, зокрема, поблизу катода, де потік іонів особливо високий.

2.2. Результати моделювання розряду

На рис. 2.2. і рис. 2.3. наведені розподіл потенціалу і густини (концентрації) заряджених частинок по радіусу в міжелектродному проміжку для $d = 2R_1 = 0,01$ мм, $D = 2R_2 = 6$ см, напруга $V = 20$ кВ, $T = 300$ К. При інших значеннях параметрів вигляд розподілу потенціалу і густини заряджених частинок змінюється мало.

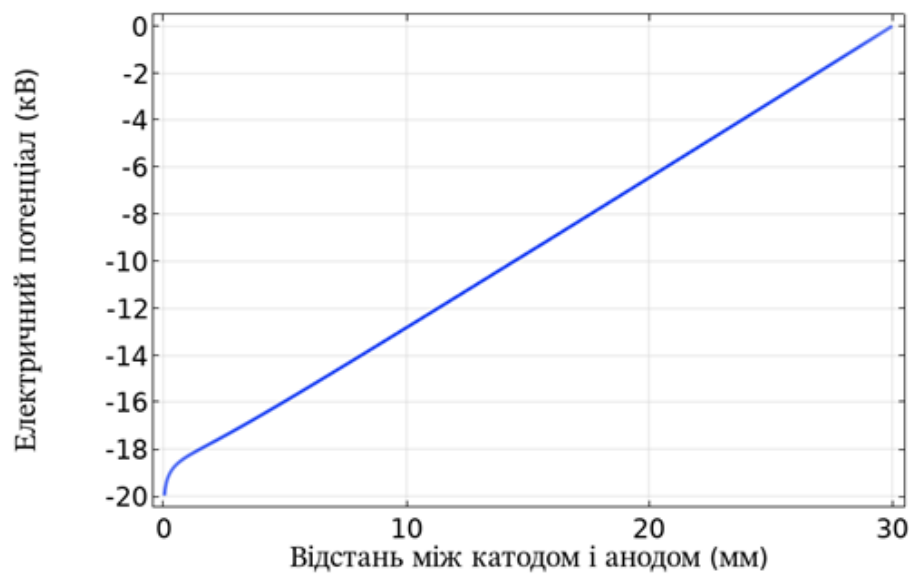


Рис 2.2. Розподіл потенціалу в міжелектродному проміжку міжелектродному проміжку

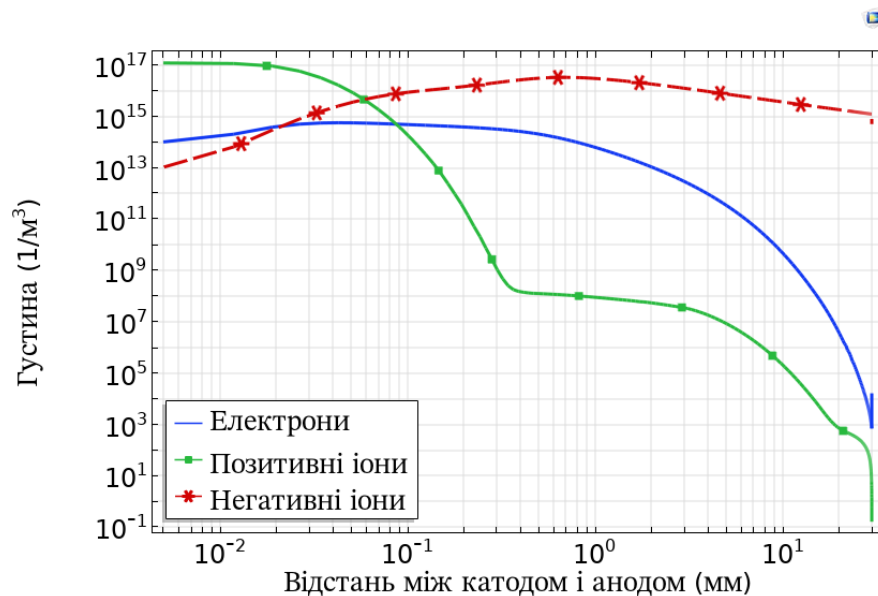


Рис 2.3. Розподіл густини (концентрації) заряджених частинок в коронному розряді

На рис. 2.4-2.6 зображений розподіл електронної густини частинок в коаксіальній електродній системі.

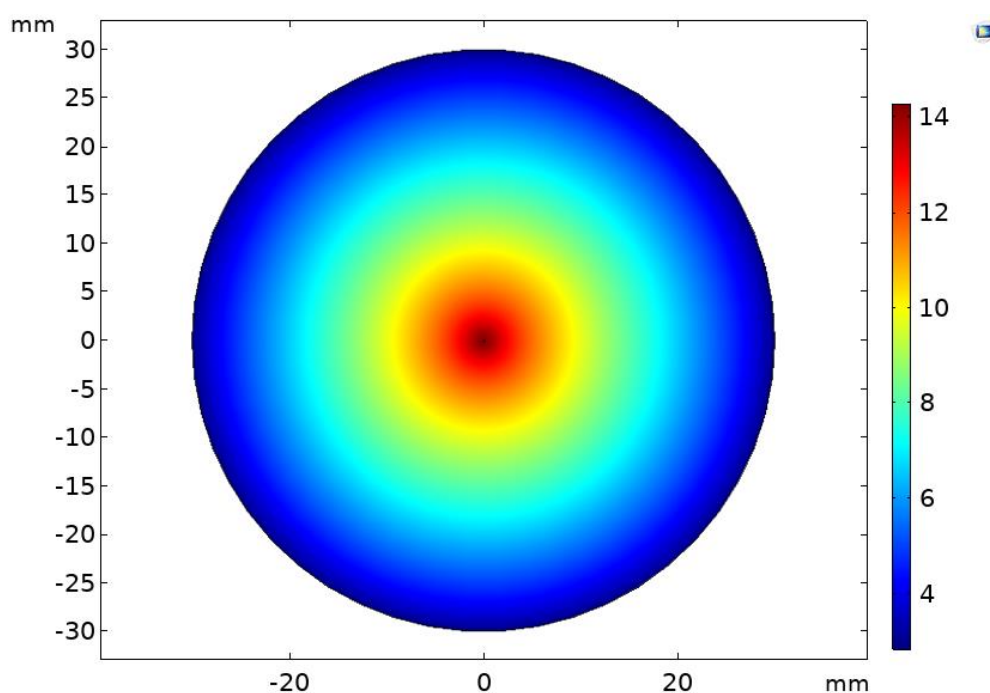


Рис 2.4. 2D-зображення густини(концентрації) електронів в коаксіальній електродній системі

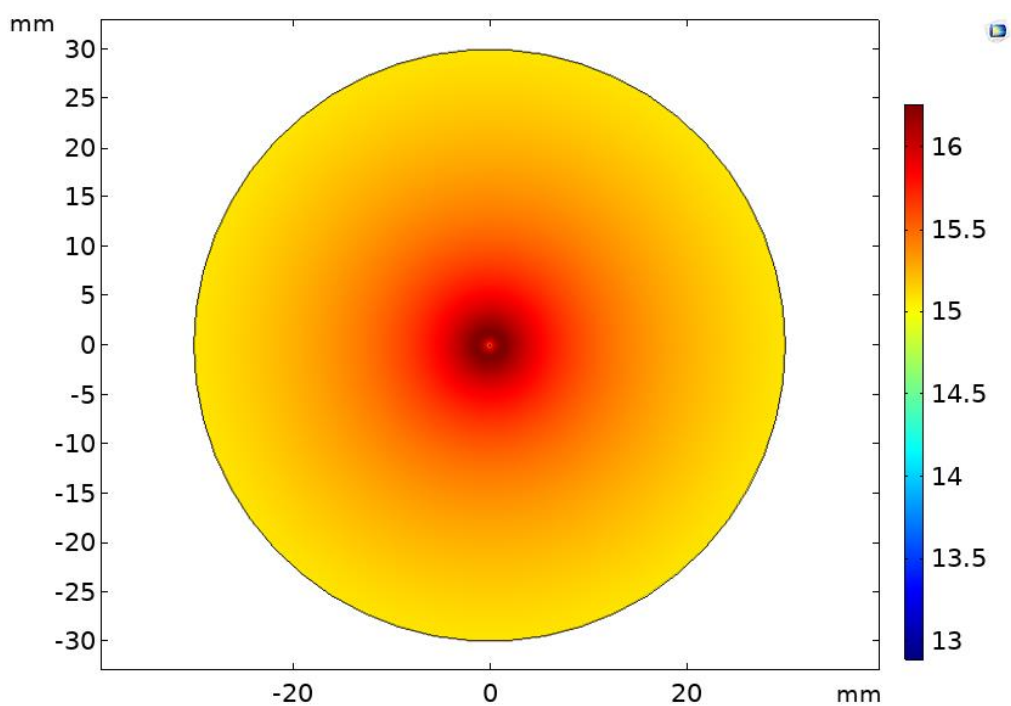


Рис 2.5. 2D-зображення густини(концентрації) негативних іонів в коаксіальній електродній системі

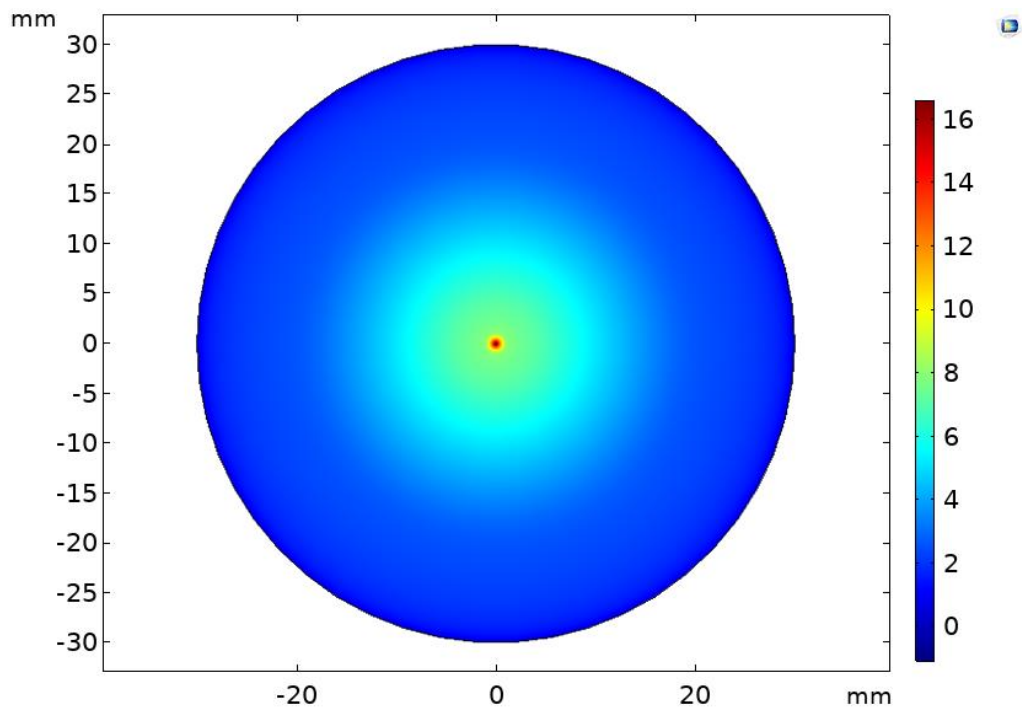


Рис 2.6. 2D-зображення густини(концентрації) позитивних іонів в коаксіальній електродній системі

В табл. дод. В.1. і табл. дод. В.2. наведені результати розрахунку параметрів високовольтного розряду в іонному діоді для різних D , d , напруг V и двох температур газу $T = 300\text{K}$ (кімнатної температури) і 600K (температурі, яка застосовується в процесах іонного азотування). В таблиці прийняті наступні позначення: j_{ic} і j_{ec} – густина іонного і електронного струмів на катоді; i_{ic} і i_{ec} – струми іонів і електронів на катоді; j_{ia} і j_{ea} – густина іонного і електронного струмів на аноді; i_{ia} і i_{ea} – струми іонів і електронів на аноді.

2.3. Аналіз результатів моделювання і порівняння з експериментом

Можна бачити (див. рис. 2.2.), що в міжелектродному проміжку утворюються дві області – одна шириною порядку 1 мм з сильним і швидко змінним електричним полем поблизу катода і друга протяжна область дрейфу заряджених частинок вздовж до анода з меншою, але постійною величиною напруженості поля. Перша область показана у вигляді темної зони на рис. 1 і є характерною особливістю негативних коронних розрядів. В катодній області

відбувається інтенсивна іонізація газу з генерацією позитивних іонів і електронів (див. рис. 2.3). У другій області густина позитивних іонів різко знижується через рекомбінацію і слабку іонізацію.

Реакція приєднання електронів к молекулам газу починається практично поблизу поверхні катода і продовжується на протязі всієї катодної області, в області дрейфу концентрація негативних іонів поступово знижується, але саме вони разом з електронами забезпечують провідність газового середовища. Причому роль електронної провідності сильно знижується по мірі наближення до анода. Через малу рухливість негативних іонів і, відповідно, високого електричного опору області дрейфу падіння напруги на цій області являє значну частину розрядної напруги (~1,5 кВ на катодній області і 18,5 кВ на області дрейфу, див. рис. 2.2).

Висока концентрація позитивних іонів поблизу дротового катода є позитивним фактором для процесу іонної обробки металевого дроту. Висока концентрація негативних іонів поблизу поверхні анода може бути використана для іонної обробки матеріалів і біологічних субстанцій, чутливих саме до цього типу іонів.

Аналіз струмових даних, наведених в табл. дод. В.1, також підтверджує наш висновок про те, що саме іонна провідність забезпечує проходження електричного струму в розглянутому розряді і служить фізичним поясненням назви досліджуваної електродної структури як іонний діод. Зменшення діаметрів дротового катода і трубчатого анода і підвищення напруги призводять до збільшення струму іонів і електронів на обидва електроди. Підвищення температури газу призводить до підвищення іонного струму на обох електродах, але до підвищення електронного струму лише на катоді.

Для експериментальної валідації розрахункових даних був проведений експеримент з коаксіальним озонатором [17] з дротовим катодом з вольфраму, в який замість кисню подавали азот. Діод мав діаметр катода 0,01 мм, діаметр зовнішнього трубчатого анода 62 мм, довжину дротового катода – 30 см. При

температурі 300K і напрузі 20 кВ, струм розряду складав 2,1 мА, що дуже близько до розрахункового значення 1,85 мА. Значення струму розряду наведені для різних діаметрів електродів наведені в табл. 2.1. та табл. 2.2.

Таблиця 2.1

Параметри високовольтного розряду для діаметра аноду 6 см

<i>D</i>, см	6				
<i>d</i>, мм	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16
<i>V</i> = 20 кВ, <i>T</i> = 300K					
<i>j_{ic}</i> , мА/м ²	1,96×10 ⁵	0,97×10 ⁵	0,47×10 ⁵	0,22×10 ⁵	0,10×10 ⁵
<i>i_{ic}</i> , мА	1,85	1,827	1,77	1,658	1,5
<i>j_{ia}</i> , мА/м ²	32,68	32,45	31,80	30,64	28,73
<i>i_{ia}</i> , мА	1,863	1,850	1,813	1,746	1,637
<i>V</i> = 30 кВ, <i>T</i> = 300K					
<i>j_{ic}</i> , мА/м ²	4,68×10 ⁵	2,32×10 ⁵	1,13×10 ⁵	0,55×10 ⁵	0,26×10 ⁵
<i>i_{ic}</i> , мА	4,4	4,37	4,26	4,145	3,919
<i>j_{ia}</i> , мА/м ²	77,9	77,7	76,9	75,45	73,05
<i>i_{ia}</i> , мА	4,44	4,43	4,38	4,30	4,16
<i>V</i> = 20 кВ, <i>T</i> = 600K					
<i>j_{ic}</i> , мА/м ²	5,9×10 ⁵	3,0×10 ⁵	1,4×10 ⁵	0,7×10 ⁵	0,4×10 ⁵
<i>j_{ia}</i> , мА/м ²	99,2	98,9	97,7	95,25	91,05
<i>V</i> = 40 кВ, <i>T</i> = 600K					
<i>j_{ic}</i> , мА/м ²	1,44×10 ⁷	0,68×10 ⁷	0,31×10 ⁷	0,135×10 ⁷	0,06×10 ⁷
<i>j_{ia}</i> , мА/м ²	1835	1745	1614	1440	1263

Таблиця 2.2

Параметри високовольтного розряду для діаметра аноду 20 см

D, см	20				
d, мм	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16
$V = 20$ кВ, $T = 300$К					
j_{ic} , мА/м ²	14880	7600	3735	1750	780
i_{ic} , мА	0,14	0,143	0,1407	0,132	0,118
j_{ia} , мА/м ²	0,725	0,740	0,730	0,694	0,625
i_{ia} , мА	0,136	0,139	0,137	0,130	0,117
$V = 30$ кВ, $T = 300$К					
j_{ic} , мА/м ²	$0,362 \times 10^5$	$0,186 \times 10^5$	$0,092 \times 10^5$	$0,044 \times 10^5$	$0,02 \times 10^5$
i_{ic} , мА	0,34	0,35	0,347	0,332	0,301
j_{ia} , мА/м ²	1,780	1,803	1,793	1,746	1,654
i_{ia} , мА	0,335	0,339	0,337	0,328	0,311
$V = 20$ кВ, $T = 600$К					
j_{ic} , мА/м ²	$0,34 \times 10^5$	$0,17 \times 10^5$	$0,085 \times 10^5$	$0,004 \times 10^5$	$0,002 \times 10^5$
j_{ia} , мА/м ²	1,67	1,69	1,688	1,651	1,578
$V = 40$ кВ, $T = 600$К					
j_{ic} , мА/м ²	$1,50 \times 10^5$	$0,77 \times 10^5$	$0,38 \times 10^5$	$0,19 \times 10^5$	$0,009 \times 10^5$
j_{ia} , мА/м ²	7,512	7,573	7,5755	7,518	7,396

Висновки до другого розділу

1. Виконано фізико-топологічне моделювання високовольтного коронного розряду з дротовим катодом при атмосферному тиску в гідродинамічному дрейфово-дифузному наближенні. Були враховані реакції іонізації газу електронами, приєднання електронів до газових молекул з утворенням негативних іонів, рекомбінація заряджених частинок з протилежними знаками заряду, вторинна іонно-електронна емісія катода.

2. Були розраховані в рамках самоузгодженої задачі розподілі потенціалу і густини (концентрації) заряджених частинок в міжелектродному проміжку, густини іонних і електронних струмів на електродах.

Визначено вплив геометрії, напруги і температури газу на параметри розряду. Отримані розрахункові дані по струму розряду узгоджуються з експериментом.

3. Показано, що в розряді переважає іонна провідність з більшим падінням напруги на області дрейфу частинок в міжелектродному проміжку.

4. Виявлено, що найбільша концентрація позитивних іонів утворюється поблизу катода, а негативних – уздовж всього міжелектродного проміжку. Це можна використовувати в процесах іонної обробки дрових металевих матеріалів і обробки матеріалів і біологічних субстанцій (бактерій, вірусів, грибків), чутливих до негативних іонів, при розташуванні носіїв цих субстанцій поблизу анода. Для реалізації останнього доцільно модифікувати конструкцію зовнішнього анода для ефективного вилучення іонів азоту у зовнішнє середовище. Також доцільно продовжити дослідження у напрямку підвищення енергетичної ефективності іонної генерації шляхом визначення способу максимально допустимого зниження падіння напруги в області дрейфу заряджених частинок.

5. При напуску кисню в електродну систему високоенергійні електрони, які отримують енергію від електричного поля в прикатодній області падіння напруги, руйнують молекули кисню при ударі, тим самим викликаючи реакцію дисоціації молекулярного кисню з утворенням атомів кисню. Останні в свою чергу приєднуються до звичайних молекул кисню з утворенням озону, тобто реакція утворення озону має декілька стадій.

Як видно, утворення озону проходить поблизу катода. Потік газу, який подається через отвір в торці коаксіального озонатора, виштовхує (видуває) озон назовні через вихідний отвір в протилежному торці озонатора. В наступному розділі дисертації приведений макет озонатора, на якому були виконані вимірювання генерації озона.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ОЗОНУ В КОРОННОМУ РОЗРЯДІ В КОАКСІАЛЬНІЙ ЕЛЕКТРОДНІЙ СИСТЕМІ З ТОНКО-ДРОТОВИМ КАТОДОМ

В даній роботі досліджувалась генерація озону в коаксіальній камері з розрядом даного типу, яка була використана як макет озонатора для майбутнього озono-терапевтичного апарата. Цей макет був виготовлений на кафедрі ЕПС науковою групою ФЕЛ-17.

Мета експериментів – отримати дані для валідації розрахунків електричних параметрів коронного розряду, результати яких були представлені в розділі 2, визначити на практиці, яку концентрацію озону можливо отримати за допомогою такого типу озонатора.

Камера являє собою коаксіальну систему електродів, внутрішній катод якої був виконаний із вольфрамового дроту діаметром 0,01 мм, натягнутого по осі; діаметр зовнішнього трубчатого електрода 62 мм, довжина дрового катоду – 30 см. Для живлення камери використовувався імпульсний тиристорний генератор ударного збудження з підвищуючим трансформатором Тесла, навантаженим на випрямляч-множник напруги. Для вимірювання концентрації озону використовували спектрофотометричний газоаналізатор типу «Циклон 5.41».

На рис. 3.1. представлений зовнішній вид генератора озону.



Рис 3.1. Зовнішній вигляд генератора озону

Дослідження були проведені при величині потоків газу (кисню чи повітря) крізь іонізаційну камеру в діапазоні 1-10 л/хв, розрядній напрузі до 20кВ і струмі до 1 мА, коли має місце безстрімерна корона. При цьому опір розряду на постійному струмі складає 80 МОм при напрузі 8 кВ і знижувалось до 20 МОм при 20кВ.

Залежність концентрації озону C від величини потоку газу Q і розрядного струму I апроксимується виразом типу $C \sim I \cdot Q^n$, де $n < 1$. Значення C представлені в табл. 3.1. Де чисельник відноситься до кисню, а знаменник — до повітря які були робочими газами.

Таблиця 3.1

Параметри генератора озону					
I , мА	0,15	0,45	0,9		
Q , л/хв	3	3	3	6	10
C , г/м ³	0,18/0,06	0,4/0,18	0,82/0,42	0,48/0,24	0,32/0,17

При струмі більше 1 мА була отримана концентрація озону більше значень, які наведені в таблиці, але максимальна концентрація, яку може виміряти газоаналізатор «Циклон 5.41», складає 1,0 г/м³.

Висновки до третього розділу

Таким чином, були отримані дані для концентрації генеруємого озону, яка складає величину 0,2-1,0 г/м³ при струмі коронного розряду до 1 мА, в даній системі електродом и при величині потоку кисню декілька літрів за хвилину. Такий потік газу повинен використовуватися в озono-терапевтичному апараті при лікуванні за допомогою камери-ізолятора.

Створений макет озонатора можливо використовувати і надалі при виконанні лабораторних і науково-дослідницьких робіт на кафедрі ЕПС.

4 РОЗРОБКА ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУ ОЗОНОТЕРАПЕВТИЧНОГО АПАРАТА ОТА-20

На основі проведених досліджень було виконано розробку ескізного проекту озонотерапевтичного апарата ОТА-20 відповідно до медико-технічних вимог, раніше затверджених Міністерством охорони здоров'я України. Проект виконувався мною в складі наукової групи ФЕЛ-17, яка сформована на кафедрі електронних пристроїв і систем в лабораторії КМФПвЕіПТ (зав.лаб. Шинкаренко В.Г. наук. кер. розробки проф. Кузьмичев А.І.). Офіційними медичними співвиконавцями розробки були затверджені Український НДІ дерматології та венерології (Харків), Національний медичний університет ім. А.А. Богомольця (Київ).

Також планується виконувати науково-дослідну роботу з допомогою створюваного апарата з інститутом епідеміології МАНУ (доктор медичних наук Шагінян В.Р.) в напрямку боротьби з Ковід-19.

При виконанні проекту використовувалась інформація, наведена в світовій літературі [1-7, 16-32].

4.1. Формування структурно-алгоритмічної параметричної моделі озонної процедури методом газації в камері-ізоляторі

Конструкція озонотерапевтичного апарата повинна визначатися специфікою озонної процедури. У даній роботі з урахуванням величини концентрації озону, що виробляється в коронному розряді з тонко-дротяним катодом розробляється проект апарата для лікування методом газації озоном ураженої ділянки шкіри в камері-ізоляторі (див. Додаток А). Для визначення елементів конструкції апарата була сформована структурно-алгоритмічна і параметрична модель процедури підготовки та проведення газації озоном ураженої ділянки шкіри в камері-ізоляторі. Модель представлена схемою на

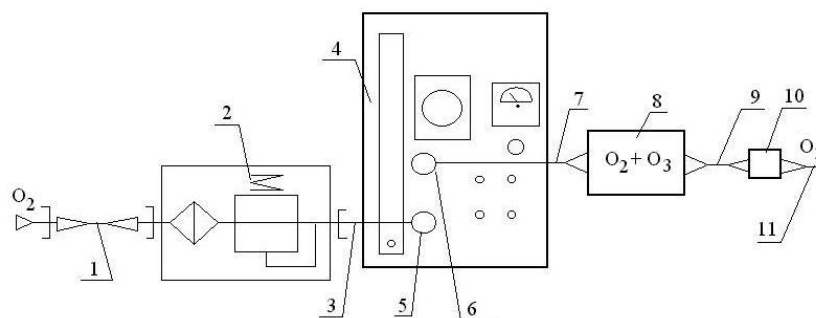
рис. Г.1. Наведено схему дає можливість прослідкувати порядок підготовки апаратури, оснащення та пацієнта до процедури, проведення процедури та її закінчення. Не дуже складний порядок проведення процедури даним методом дозволяє застосувати ручний метод управління. З засобів автоматизації використовується таймер, задає тривалість газациї і автоматично відключає апарат з подачею звукового і світлового сигналу про закінчення заданого часу проведення процедури. До складу озono-терапевтичної апаратури повинен входити електронний блок з озонатором і зовнішні елементи у вигляді з'єднувальних шлангів для приєднання апарата до кисневої мережі лікарні або балону з киснем, а також набір камер-ізоляторів. Найчастіше камери-ізолятори являють собою одноразовий мішок з полімерної плівки зі штуцерами для приєднання до нього шлангів. Для герметизації мішка на тілі пацієнта використовуються тасьми з еластичної прогумованої тканини.

Також може використовуватися жорстка камера-ізолятор в разі зручності її застосування. До складу апаратури обов'язково входить блок-руйнівник (деструктор) озону з патроном з активованого вугілля, до якого повинен приєднуватися шланг, що відводить газ з камери-ізолятора. Концентрація озону в камері-ізоляторі повинна не тільки забезпечувати терапевтичний результат, а й бути безпечною в разі розгерметизації камери. Тобто розгерметизація не повинна створювати концентрацію озону в робочому приміщенні більше ГДК (0,1 мг / м³). Відзначимо, що людина відчуває наявність озону в атмосферному повітрі вже при концентрації набагато меншому цієї величини. Це сприяє безпечному застосуванню озону. Також для запобігання потрапляння озону в атмосферу приміщення відбувається продув камери-ізолятора неозонованим газом (киснем або просто повітрям). Додаткові вимоги до конструкцій озono-терапевтичних апаратів наведені у Додатку А.

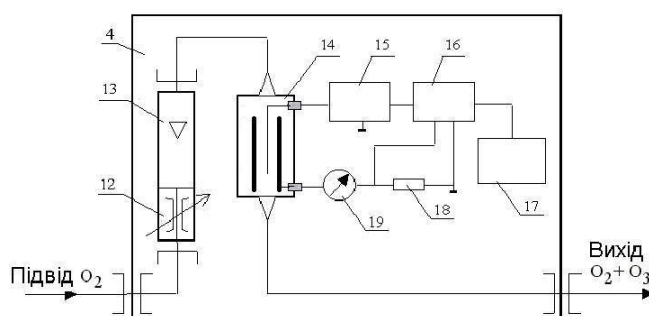
4.2. Розробка структурної схеми озono-терапевтичного апарата ОТА-20 для виконання процедур методом газациї в камері-ізоляторі и принцип дії апарата

Апарат планується виконувати у вигляді переносного електронного приладового блока, з'єднаного гнучкими шлангами з блоком газових комутаторів.

На рис. 4.1. наведена схема апарата, умовно названого ОТА-20. (а) і електронного блока (б) 1, 3, 7, 9, 11 – шланги газові, 2 – редуктор/стабілізатор тиску газу з фільтром РДФ-3-1, 4 – електронний приладовий блок, 5 – штуцер “Підведення O_2 ”, 6 – штуцер “Вихід газу” (“Вихід $O_2 + O_3$ ”), 8 – лікувальна камера-ізолятор, 10 – руйнівник озону, 12 – регулятор потоку газу, 13 – ротаметр РМ-ГС/1.6, 14 – озонатор на коронному розряді, 15 – високовольтне джерело живлення, 16 – регулятор напруги, 17 – таймер і блок керування, 18 – резистор зворотного зв'язку для стабілізації розрядного струму, 19 – мікроамперметр М2001-М1.



а



б

Рис 4.1. Структурна схема озонотерапевтичного апарата ОТА-20

Кисень по шлангу 1 подається на редуктор тиску з фільтром типа РДФ-3-1, а далі по шлангу 3 до входу 5 до електронного приладового блока 4. Редуктор РДФ-3-1 стабілізує тиск кисню на вході у електронний приладовий блок і тим самим стабілізуються витрати кисню та концентрація озона у озono-кисневій суміші на його виході. До складу електронного приладового блока 4 входять ротаметр 13 для вимірювання витрат кисню, регулятор потоку кисню 12 та камера озонуюча 14, в якій кисень збагачується озоном.

Конструкція камери озонуючої 14, тобто озонатора, схематично представлена на рис. 4.2. Вона представляє собою металеву трубу (з нержавіючої сталі або анодованого алюмінію), яка слугує анодом. На торцях труби герметично закріплені діелектричні ізолятори-пробки, між якими натягнута нитка із вольфраму, яка слугує катодом для коронного розряду. Ізолятори-пробки оснащені штуцерами для підводу і відводу газу. На ізоляторах також розміщуються контакти для приєднання до електродів дровів від джерела живлення коронного розряду. Матеріалом для виготовлення ізоляторів повинен бути фторопласт марки ФП-4.



Рис 4.2. Схематична конструкція озонатора з тонко-дротовим катодом

В озонуючій камері 14 створюється високовольтний коронний розряд постійного струму між електродами. У коронному розряді молекулярний кисень O_2 дисоціює на атомарний O . Атоми кисню O приєднуються до молекул O_2 з утворенням озону O_3 . Водночас у коронному розряді виникають інші активні форми кисню (збуджені та іонізовані атоми та молекули кисню), що також сприяють утворенню озону. Тому мірою активування кисню

служить концентрація у ньому озону. Концентрація озону у озono-кисневій суміші залежить від потоку кисню та величини струму коронного розряду і визначається формулою $C = 1,15 \cdot I \cdot Q^{-0,7314}$, де C – концентрація озону, мг/м³; I – струм розряду, мкА; Q – потік кисню, дм³/хв. Для апарата похибка розрахунку за даною формулою складає $\pm 30\%$.

З камери озонуючої 14 газ по шлангу 7 подається до блоку газових комутаторів, а далі у лікувальну камеру-ізолятор 8, що герметично закріплюється на тілі пацієнта. Усередині порожнини камери розміщується та частина тіла пацієнта, котру необхідно обробить озono-кисневою сумішшю. Камера 8, яка виготовлена з тонкої полімерної плівки, за декілька хвилин роздувається до рівноважного об'єму. Надлишковий газ з лікувальної камери-ізолятора 8 відводиться самотливом по шлангу 9. Роздування камери-ізолятора 8 відбувається під дією тиску газового потоку з шлангу 7 і внаслідок наявності газового опору в шлангу 9. Надмірний тиск газу у лікувальній камері-ізоляторі у рівноважному стані не набагато вищий атмосферного, тому не відбувається витoku озону з камери.

По шлангу 9 відпрацьований газ подається у руйнівник озону 10, що входить до складу блока газових комутаторів. Потім дезактивований газ по шлангу 11 виводиться за межі лікувального приміщення. Руйнівник озону 10 являє собою патрон з штуцерами для приєднання шлангів. Усередині його знаходиться гранульоване активоване вугілля, на частках якого адсорбується озон, перетворюючись у звичайний кисень.

Шланги герметично приєднуються до частин апарата за допомогою штуцерів з накидними гайками та ребристою поверхнею, які забезпечують герметичність місць приєднання.

На рис. 4.26 наведена блок-схема, що пояснює будову та принцип дії електронної частини апарата. Вона містить регулятор напруги 16, перетворювач високовольтний 15. Регулятор напруги 16 забезпечує подачу регулюємої та стабілізованої напруги постійного струму на перетворювач

високовольтний 15. На його виході утворюється висока напруга (до 30 кВ) постійного струму, що подається на електроди камери озонуючої 14.

При зміні напруги на виході регулятора 16 змінюються напруга на вході перетворювача високовольтний 15 та, відповідно, напруга на його виході і струм коронного розряду. Діапазон регулювання струму коронного розряду - від 50 до 280 мкА. Для установлення струму коронного розряду використовується потенціометр “ТОК РАЗРЯДА”, розміщений на передній панелі приладового блока. Контроль струму здійснюється за допомогою мікроамперметра 19, також розміщеного на передній панелі приладового блоку. Мікроамперметр 19 включений послідовно з електродами камери озонуючої 14.

Регулювання струму коронного розряду необхідно для керування концентрацією озона у озоно-кисневій суміші, що генерується.

Для стабілізації струму коронного розряду введена система негативного зворотнього зв'язку. Сигнал зворотнього зв'язку, пропорційний струму розряду, виробляється на опорі 18 і подається на регулятор напруги 16. При відхиленні у силу якихось причин струму коронного розряду від заданої величини, регулятор 16 змінює напругу, що подається на перетворювач високовольтний 15 таким чином, що встановлюється нове значення напруги на електродах камери озонуючої 14 і відновлюється задана величина струму розряду. Стабілізація розрядного струму необхідна для стабілізації концентрації озону у озоно-кисневій суміші, що генерується.

Для керування тривалістю процедури в склад апарату введений таймер, що входить до блока 17 “Таймер. Блок керування”. Блок 17 комутує електричні ланцюги апарата, забезпечуючи увімкнення перетворювача високовольтного 15 та світлового індикатора червоного кольору на час процедури, а також включення звукової та світлової сигналізації, які свідчать про закінчення процедури. Звуковий сигнал являє собою звук високого тону, що генерується п'єзоелектричним перетворювачем. Світловий сигнал

подається у вигляді переривів світла індикатора червоного кольору. Обидва сигнали генеруються одразу після закінчення процедури і тривають до тих пір, поки не буде вимкнений апарат з мережі живлення.

Процедура та відлік її часу починаються з моменту натиснення на кнопку “ПУСК”, яка вмикає таймер. Кнопка “ПУСК” розміщується на передній панелі електронного приладового блока. Для приєднання апарата до мережі живлення необхідно застосовувати розетки з контактом захисного заземлення.

Подача напруги до апарату з мережі здійснюється за допомогою тумблера “МЕРЕЖА” електронного приладового блока. Тумблер має позначення увімкнутого стану у вигляді надпису на передній панелі приладового блока “ВКЛ.” Для сигналізації про включення апарату в мережу використовується світловий індикатор жовто-зеленого кольору, розміщений на передній панелі електронного приладового блоку.

Напруга після тумблера “МЕРЕЖА” подається на елементи схеми апарата через плавкі запобіжники на 1А, ввімкнуті у кожному проводі мережі.

Електронний блок виконується у вигляді переносного настільного приладу в металічному кожусі. Усередині кожуха на металічному шасі, розміщуються камера озонуюча, печатні плати окремих блоків електронного приладового блока, силовий трансформатор, тримач електричних запобіжників і фільтру та інші елементи.

Для контролю наявності озону в повітрі робочої зони експлуатації апарата використовується стрічковий детектор озону типу ЛТД-О₃, що являє собою індикаторну стрічку, яка просочена озоночутливою речовиною і розміщена у герметизованій касеті. Кінчик індикаторної стрічки довжиною 1 см виходить з касети і контактує з атмосферним повітрям. На бокову поверхню касети нанесений кольоровий еталон і таблиця, що показує час змінення кольору стрічки в залежності від концентрації озону в повітрі. Запас

стрічки забезпечує проведення 200 вимірювань. До касети прироблено затискач, який дозволяє закріплювати її на кармані кишені або борту одягу.

4.3. Розробка газової системи озонотерапевтичного апарата

Основним елементом озоно-терапевтичного апарата є генератор озону (озонатор 14), але його одного недостатньо для створення апарата, зручного для користувача. Крім цього необхідно, щоб апарат забезпечував можливість вентиляції камери-ізолятора після процедури і використання повітря як вихідної речовини для генерації озону. Для реалізації останнього в апараті повинна бути передбачена підготовка повітря для зниження імовірності утворення в озонуючому пристрої окислів азоту, це може бути досягнуто введенням в апарат принаймні осушувача повітря. Далі, в апарат потрібно ввести руйнівник відпрацьованого озону, оскільки викид його у атмосферу не можна допустити виходячи з техніки безпеки та екології. З урахуванням усіх цих обставин була розроблена схема газової системи озонотерапевтичного апарата.

Спрощене креслення структури газової системи зображене на рис. 4.3. Центральним елементом системи є блок газових комутаторів, до якого приєднані киснева мережа (через вентиль та редуктор-стабілізатор тиску), Озонатор (активатор кисню), камера-ізолятор, нагнітач повітря. Крім цього, введені осушувач повітря та руйнівник озону.

Комутатор K1 призначений для вибору джерела газу для активатора кисню. На рис. 4.3. показаний варіант підключення активатора до кисневої мережі.

Комутатор K2 призначений для вибору місця підключення нагнітача повітря: або до активатора кисню, або до камери-ізолятора. На рис. 4.3. суцільною лінією показаний перший варіант, штриховою лінією показаний

варіант підключення нагнітача повітря до камери-ізолятора. У першому випадку нагнітач подає повітря в активатор кисню через осушник повітря.

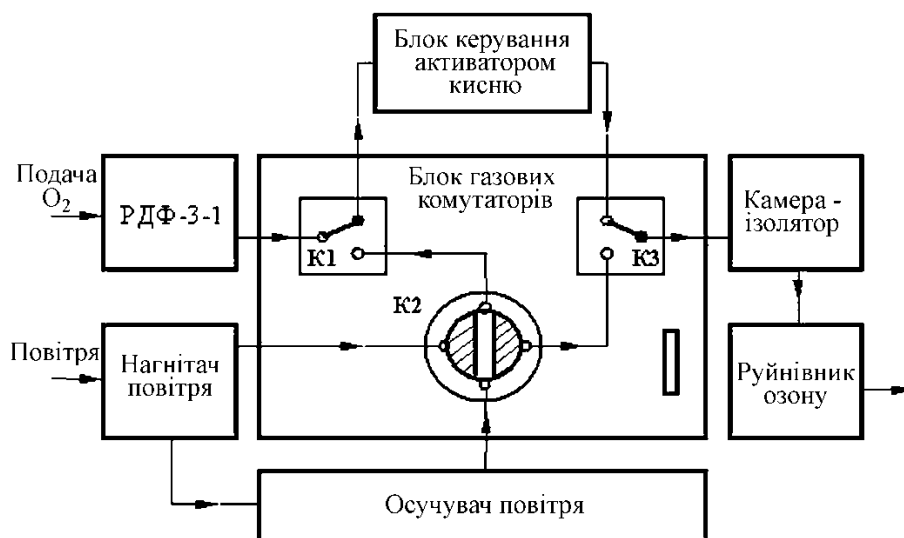


Рис. 4.3. Газова система озono-терапевтичного апарата.

Комутатор К3 призначений для вибору місця підключення шлангу, що підводить газ до камери-ізолятора: або до виходу активатора кисню (як показано на рис. 4.3), або до нагнітача повітря.

Розглянемо роботу газової системи. Нехай як джерело вихідного газу використовується киснева мережа або балонний газ. Кисень подається у газову систему озono-терапевтичного апарата через редуктор тиска типу РДФ-3М, який знижує тиск до 0,1 МПа та стабілізує його величину. Потім кисень через комутатор К1 надходить до озонатору (активатора кисню), де він збагачується озоном. Докладно робота всього апарата описана у розділі 4.2. За допомогою регулятора потоку газу, що входить у склад апарата, можна змінювати витрати кисню та концентрацію озону у ньому. Останню також можна регулювати шляхом зміни розрядного струму у озонаторі.

Аналогічно генерується озон при використанні повітря, як вихідного газу. Для цього комутатор К1 перемикають на повітряну магістраль (вимкнувши спочатку подачу кисню), а комутатор К2 встановлюють у вертикальне положення для подачі повітря від нагнітача через осушувач. Нагнітач являє собою повітродувку-компресор з приводом від електродвигуна.

Вихід збагаченого озonom газу через комутатор К3 подається до камери-ізолятора, яка являє собою мішок з м'якого пластика. Під час проведення лікувальних процедур камера-ізолятор надягається на ту частину тіла людини, яку необхідно піддати впливу озону.

Вихід газу з камери-ізолятора здійснюється по шлангу, приєднаному до руйнівника озону, де він конвертується в звичайний кисень та виводиться за межі лікувального приміщення.

Час процедури задається за допомогою таймера, що входить до складу електронного блоку з приладами.

Після закінчення процедури вимикається озонатор, але його газова система продовжує продуватися газом на протязі однієї хвилини для вентиляції, потім перекривається до нього доступ газу (кисню або повітря). Комутатор К2 встановлюється у горизонтальне положення, а К3 – в нижнє для підключення до нагнітача повітря. В результаті після включення останнього до камери-ізолятора подається повітря для її вентиляції на протязі 3-5 хвилин. Далі нагнітач вимикається, а камера знімається з пацієнта та передається на дезинфекцію або утилізується у випадку одноразового застосування.

Блок газових комутаторів конструктивно оформлений у вигляді окремого блока. На його панелі встановлені спеціальні штуцери для підключення до нього зовнішніх елементів, а також самі газові комутатори. Всередині блока змонтовані нагнітач повітря, осушувач та руйнівник озону.

Газова система забезпечує проходження крізь неї потоків газу величиною до 10 дм³/хв при надмірному тиску на її виході не більше 0,1 МПа.

4.4. Предбачувані параметри озono-терапевтичного апарата ОТА-20

Відповідно з рекомендацією організації ПОЛІТЕХМЕД при МОЗ України доцільно випускати озono-терапевтичний апарат для виконання процедур методом газації в камері-ізоляторі на параметри, наведені в таблиці,

що. З урахуванням результатів проведеного нами експерименту на макеті озонатора з коронним розрядом і тонко-дротовим катодом можна зробити висновок про реальність одержання параметрів, представлених в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Параметри озono-терапевтичного апарата ОТА-20

Найменування параметра	Значення параметра
Газові параметри	
Надмірний тиск кисню на вході, МПа	0,25-0,8
Витрати кисню, $\text{дм}^3/\text{с}$ (л/хв)	0,017-0,17 (1-10)
Масова концентрація озону на виході, $\text{г}/\text{м}^3$	0,02-0,2
Експлуатаційні параметри	
Діапазон тривалості процедури, хв	3-30
Час встановлення робочого режиму, хв.	не більше 3
Режим роботи апарата час робочого режиму, хв час паузи, хв	повторно-короткочасний не більше 30 не менше 15
Час безперервної роботи апарата в повторно-короткочасному режимі, годин	не більше 8
Потужність споживання при живленні від мережі змінного струму напругою (220 ± 22) В, частотою 50 Гц, Вт	не більше 70
Електробезпека по ГОСТ 12.2.025-76	клас I, тип захисту B
Можливі наслідки відмов по РД 50-707-91	клас B
Середнє напрацювання на відмову, годин	не менше 3000
Середній термін служби, років	не менше 5
Середній час відновлення, годин	не більше 0,5
Масо-габаритні параметри	
Маса електронного блока, кг.	не більше 12,5
Габаритні розміри електронного блока, мм	185×330×520
Габаритні розміри і матеріал камер-ізоляторів.	визначаються методикою застосування
Умови експлуатації	
Температура навколишнього середовища, °C	10-35
Відносна вологість повітря при 25°C, %	до 80
Атмосферний тиск, кПа.	84-107
За умовами експлуатації апарат відноситься до кліматичного виконання УХЛ 4.2.	

Висновки до четвертого розділу

1. Був виконаний ескізний проект озono-терапевтичного апарата для виконання процедур методом газациї в камері-ізоляторі. Проект базується на розробці структурно-алгоритмічної і параметричної моделі озонної процедури і на позитивних результатах експериментів з макетом озонатора, в якому використовується коронний розряд з тонко-дротовим катодом. У свою чергу, застосування розробленої та поданої в розділі 2 моделі коронного розряду дозволяє розраховувати електричні характеристики озонатора з коаксіальної системою електродів, тобто передбачати вольт-амперну характеристики проектованого озонатора.
2. Були розроблені структурні схеми озono-терапевтичного апарату, включаючи схему електронного приладового блоку і газової системи.
3. Були визначені передбачувані параметри проектованого озono-терапевтичного апарату.
4. Даний ескізний проект можна розглядати як можливий start-up проект.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів [33]. В табл. 5.1. - 5.22 викладені всі етапи розроблення стартап проекту.

У табл. 5.1 викладено зміст ідеї, напрямки застосування і вигоди для користувачів

Таблиця 5.1

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Мобільний озоно-терапевтичний апарат	1. Проведення озоно-терапевтичних процедур	Немедикаментозне лікування захворювань дихальних шляхів, серцево-судинної системи, гінекології та урології, шкірних хвороб, післяопераційної реабілітації.
	2.Знезараження невеликих предметів	Можливість використання камери-ізолятора для знезараження предметів за допомогою озону

За рахунок використання немедикаментозних методів можна значно знизити вартість лікування. Також можливість використовувати прилад не тільки для проведення процедур, а і для знезараження невеликих предметів, прилад має великі переваги на ринку, особливо в період пандемії Ковід-19

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідей проекту наведено в табл. 5.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідей проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерист ики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабк а сторо на)	N (нейтраль- на сторона)	S (силь- на сторо- на)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2			
1.	Торгівельна марка	Немає	Є	Є	+		
2.	Мобільність	Є	Є	Немає		+	
3.	Часткова автома- тичність приладу	Є	Немає	Є		+	
4.	Можливість використо- вувати прилад для зназара- ження	Є	Немає	Немає			+
5.	Економіч- ність	Низька ціна	Висока ціна	Середня ціна			+

З огляду на наведені показники можна з упевненістю сказати, що продукт є конкурентоспроможний, так як за меншу ціну може надати більше функціоналу.

Технічний аудит ідеї проекту наведений в табл. 5.3.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка математичної моделі газового розряду	Пакет комп'ютерних програм для моделювання COMSOL	Наявні	Доступні
2.	Розробка структурних схем озono-терапевтичного апарату	Пакети комп'ютерних програм та САПР	Наявні	Доступні
4.	Розробка електричних схем озono-терапевтичного апарату	Пакети комп'ютерних програм та САПР	Наявні	Доступні
3.	Розробка структурно-алгоритмічних схем проведення озono-терапевтичних процедур	Пакети комп'ютерних програм та САПР	Наявні	Доступні

З наведених в таблиці даних видно, що виготовлення проекту можливе і всі необхідні пакети комп'ютерних програм доступні або є в наявності.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту описана в табл. 5.4.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців	4
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	10000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для виходу (вказати характер обмежень)	Конкуренція українських і закордонних виробників
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги щодо безпечності та санітарних норм
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або ринку), %	30

Галузь є привабливою для входу. Однак на ринку представлені вітчизняні та закордонні компанії, що роблять якісні прилади, але оскільки новий прилад буде дешевшим та матиме додаткові функції очікується попит на нього. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведена в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Немедикаментозні методи лікування, які значно дешевші за традиційні медикаментозні	Медичні заклади, лікарні, медичні інститути	Кваліфікація персоналу	Простота у використанні, мобільність, ефективність, відповідність санітарним та медико-технічним вимогам МОЗ

Потенційними споживачами даного стартапу є медичні заклади, лікарні, медичні інститути. Фактори загроз наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Наявність аналогів на ринку	Зниження вартості продукту
2.	Застарівання технологій	Виникнення більш сучасних технологій у конкурентів	Оптимізація та осучаснення виробничого процесу
3.	Невисокий попит на продукт	Нижчий попит ніж очікувалося при запуску стартапу	Пошук нових сфер застосування продукту і розширення тим самим кола можливих клієнтів
4.	Вартість продукції	Підвищення вартості виробництва через збільшення витрат на закупівлю комплектуючих	Пошук дешевших аналогів у інших постачальників

Основною загрозою стартапу є конкуренція. Також існує багато інших факторів, що можуть загрожувати виходу на ринок, але на всі теоретичні загрози були розроблені можливі дії компанії для їх усунення.

Фактори можливостей наведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Потреба в данному приладі	Актуальний та рентабельний прилад	Розширення виробничої зони та штату працівників, пошук нових клієнтів
2.	Ковід-19	Корисність системи для знезаражування	Збільшення кількості партій приладів
3.	Впровадження нових технологій	Модернізація виробничих процесів	Інвестиції у впровадження сучасних технологій, розширення функціоналу приладу
4.	Впровадження нових законів в країні	Спрощена процедура реєстрації нового приладу	Випуск нових приладів

На етапі виходу на ринок також є ризик появи додаткових можливостевой, які не були враховані в наведеному вище плані. В цьому випадку компанія повинна буде швидко реагувати на появу нових можливостей для отримання вигоди.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку наведений в табл. 5.8.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	Прояви даної характеристики	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Олігополія	В обраній сфері існує декілька компаній	Виробництво якіснішого товару за нижчою ціною
Міжнародна	В обраній сфері на міжнародному ринку є багато фірм	Спрощення процесу купівлі та використання для споживачів
Внутрішньогалузева	Фірми випускають прилади, які задовольняють одну потребу	Випуск приладу належної якості, та невисокої ціни
Цінова	Нижча ціна як вагомий критерій вибору	Підвищення якості приладу, не збільшуючи вартість для споживачів
Марочна	Визначає стандарти компанії	Реєстрація власної торгової марки, активна реклама

В ситуації ринку простежуються характерні ознаки олігополії. Рівень конкурентної боротьби – міжнародна з внутрішньогалузевою ознакою. Конкуренція за видами товарно-видова.

Аналіз конкуренції наведений в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 Аналіз конкуренції в галузі за М.Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари заміни
	«БОЗОН-ПОРТ»	Асортимент продукції у конкурентів	Об'єми поставок	Розмір закупок	Ціна та бренди конкурентів
Висновки	Немає монополії, конкуренція прийнятна	Можливість вийти на ринок за рахунок нової технології та з привабливішою ціною	Не диктують	Диктують вимоги до ціни, якості та відповідності санітарним вимогам	Великий вибір товарів-аналогів

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведений в табл. 5.10.

Таблиця 5.10

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Ціна	Для переваги над конкурентами ціна повинна бути нижче ніж у аналогічних приладів
2.	Мобільність	Зменшення габаритів приладу
3.	Наявність додаткового функціоналу	Можливість використання приладу не лише для проведення процедур, а і для знасараження невеликих предметів
4.	Час використання	Час використання є важливим параметром при великому потоці пацієнтів

Пропонуючи низьку ціну, розширений функціонал та подовжений час використання з'являється можливість виходу на ринок.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін озono-терапевтичної апаратури наведений в табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін озono-терапевтичних приладів

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Ціна	19			+				
2.	Мобільність	18		+					
3.	Час використання	20				+			
4.	Наявність додаткового функціоналу	17	+						

Те що прилад має переваги перед аналогічними приладами, які вже є на ринку, показує то що компанія має високі шанси на успішний вихід на ринок.

SWOT-аналіз стартап-проекту наведений в табл. 5.12.

Таблиця 5.12

SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Порийнятна ціна; - Мобільні габарити; - Час використання. 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Відсутність впізнаваної марки.
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Попит на прилад; - Простота у використанні; - Розширення функціоналу; - Якісне покращення основних параметрів. 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Конкуренція; - Старіння технології; - Відсутність попиту.

SWOT-аналіз показав що продукт має високу конкурентоспроможність на ринку.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту продемонстровані в табл. 5.13.

Таблиця 5.13

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Розширення кола споживачів	60%	6 місяців
2.	Встановлення високої початкової ціни для отримання максимально можливого прибутку з меншого обсягу продажів товару	5%	6 місяців
3.	Вихід на зарубіжний ринок	30%	12 місяців

Провівши аналіз альтернатив ринкового впровадження, можна зробити висновок що найефективнішим способом виходу на ринок є 1 спосіб.

Вибір цільових груп потенційних споживачів описаний в табл. 5.14.

Таблиця 5.14

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота виходу в сегмент
1.	Медичні заклади	Середня	70%	Висока інтенсивність	Висока
2.	Медичні інститути	Висока	50%	Середня інтенсивність	Середня
Обрані цільові групи: медичні заклади					

Визначення базової стратегії розвитку описане в табл. 5.15.

Таблиця 5.15 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Стратегія диференціації	Стратегія диференційованого маркетингу	Можливість проводити окрім озono-терапевтичних процедур ще й знезараження	Стратегія спирається на диференціацію і на лідерство по витратах, у рамках цільового сегменту.

Для виходу на ринок було обрано стратегію диференціації та диференційованого маркетингу.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки описане в табл. 5.16.

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект першим на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів чи забирати у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики у конкурентів та які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Шукати нових споживачів	Ні	Стратегія диференціації

Так, як даний прилад не є першим на ринку, але має вагомні переваги була обрана стратегія диференціації.

Визначення стратегії позиціонування описано в табл. 5.17.

Таблиця 5.17 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, що мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
1.	Надійність; Відповідність медико-технічним вимогам;	Стратегія диференціації	Мобільність, ціна	Мобільність, простота використання

Аналіз допоміг обрати стратегію позиціонування проекту на ринку. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару наведено в табл. 5.18.

Таблиця 5.18

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1.	Простота використання	Зниження необхідного рівня кваліфікації працівників	Забезпечується за допомогою якісного часткової автоматизації проведення процедур
2.	Мобільність	Зменшення кількості додаткового приладдя	Забезпечується конструкцією приладу

За даними ключових переваг буде розроблена реклама яку планується розповсюджувати серед потенційних споживачів.

Опис трьох рівнів моделі товару наведено в табл. 5.19.

Таблиця 5.19

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
Товар за задумом	Озоно-терапевтичний апарат		
Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	Економічні	Нм	Вр
	Призначення	М	Тх
	Надійність	М	Тх
	Технологічні	М	Тх
	Безпеки	М	Тх
	Якість: технічні вимоги щодо використання кваліфікованим персоналом		
Пакування: Прилад, інструкція для користувача			
Товар із підкріпленням	Поширення реклами		
	Використання акцій як метод залучення покупців та/або збільшення кількості покупок		
Захист від копіювання: методи захисту інтелектуальної власності			

Визначення меж встановлення ціни описане в табл. 5.20.

Таблиця 5.20

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень ціни на товари-замінники	Рівень ціни на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та середня межі на встановлення ціни на товар
1.	3500 грн	3500-4000 грн	Високий	3000-3500 грн

Аналіз цін конкурентів дозволив визначити нижню та середню межі на встановлення ціни.

Формула системи збуту наведена в табл. 5.21.

Таблиця 5.21 Формула системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Купівля нового обладнання для розширення спектру послуг	Логістика, гарантійне обслуговування, утилізація	Канал нульового рівня (без посередників)	Використовується власна система збуту. Компанія розробник самостійно займається продажем товару кінцевому покупцю

Для збуту планується використовувати канал нульового рівня, тобто самостійний продаж. Концепція маркетингових комунікацій описана в табл. 5.22.

Таблиця 5.22 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки потенційних клієнтів	Канали комунікацій якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Використання приладу для проведення озонотерапевтичних процедур	Інтернет, соціальні мережі, медичні виставки, рекламні статі	Мобільність, вартість, можливість використання для знезаражування невеликих предметів	Інформування споживачів про більш вигідну пропозицію на ринку	Мобільність, невисока вартість

2	Використання приладу для знезараження	Інтернет, соціальні мережі, медичні виставки, рекламні статі	Наявність камери-ізолятора	Інформування споживачів про наявність додаткового функціоналу	Можливість використання для знезараження невеликих предметів
---	---------------------------------------	--	----------------------------	---	--

Комунікація зі споживачами буде відбуватися через інтернет, а також тематичні виставки. Основна мета маркетингової стратегії є створення впізнаваності для потенційних покупців.

Висновки до п'ятого розділу

Провівши аналіз ринку, можна зробити висновок що є можливість реалізації стартап проекту в обраній галузі. Слід зазначити, що:

1. Є можливість ринкової комерціалізації проекту. На озонотерапевтичні прилади є попит на ринку. В першу чергу як метод немедикаментозного лікування, але додатково ще й як прилад для знезараження. Через пандемію Ковід-19 попит на такі прилади різко зріс.

2. З огляду на потенційні групи клієнтів (медичні установи та інститути) є перспективи впровадження. Аналіз конкуренції на ринку показав, що бар'єрів для входження немає. Конкурентноспроможність проекту висока завдяки мобільності, вартості, можливості використання не лише для проведення озонотерапевтичних процедур, а і використання приладу для знезараження.

3. В якості альтернативи впровадження доцільно обрати спосіб розширення кола споживачів.

4. Подальша імплементація проекту є доцільною

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Проаналізований стан розробок озono-терапевтичної апаратури та види газових розрядів, які використовуються для генерації озону. Вибраний з відповідним обґрунтуванням коронний розряд в коаксіальній системі електродів з тонко-дротовим катодом для використання в озono-терапевтичному апараті для обробці методом газациї

2. Побудована модель коронного розряду в дрейфово-дифузному наближенні з самоузгодженим електричним полем. Модель враховує процесі іонізації газу, приєднання електронів к молекулам газу з генерацією негативних іонів, просторовий заряд і рекомбінацію електронів та позитивних і негативних іонів, вторинну іонно-електронну емісію катода.

3. Виконані розрахунки, які дають інформацію о розподілу густини та струмів заряджених частинок і потенціалу електричного поля в міжелектродному проміжку. Розрахунки відповідають експериментальним даним. Це дозволяє свідомо обирати геометрію електродної системи озонатора.

4. Проаналізовані основні види озono-терапевтичних процедур і побудовані їх структурно-алгоритмічні моделі, на базі яких повинна будуватися озono-терапевтична апаратура.

5. Виконаний ескізний проект озono-терапевтичного апарата, умовно названий ОТА-20, для подальшого використання у заінтересованих організаціях.

6. Результати роботи апробовані на наукових конференціях і публікуються в наукових журналах, а також будуть використані в подальшій роботі наукової групи ФЕЛ-17.

7. Маємо домовленість із спеціалістами інституту епідеміології МедАНУ (доктор мед. наук Шагинян В.Р.) про продовження роботи по створенню пристрою для антибактеріальної і антивірусної обробки повітряного середовища в приміщення

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лунин В.В. Физическая химия озона / В.В. Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 480 с.
2. Тондий Л.Д., Ганичев В.В., Козин Ю.І. Основные принципы и методы озонотерапии в медицине: Учебное пособие. – Харьков: Харьковская медицинская академия последипломного образования МОЗ Украины, Украинская ассоциация озонотерапевтов и производителей медоборудования, Институт озонотерапии и медоборудования. – 2001. – 104 с.
3. Богданов А.Г., Кузьмичев А.И., Циделко В.Д. и др. Техника и технология озонотерапии / Український журнал медичної техніки і технології. – 1994. – № ½. – С. 22-26.
4. Andrienko O.V., Drozd I.M., Kuzmichev A.I., Gas discharge atmospheric pressure systems for the biomedical use, Elektronna ta akustichna inzheneriya., vol.3, no.3, pp. 5-10, 2020. DOI: 10.20535/2617-0965.2020.3.3.198711
5. Кузьмичёв А.И., Циделко В.Д. Применение разрядов атмосферного давления с нетермической плазмой и вторичными эмиттерами в биомедицинской аппаратуре / А.И. Кузьмичёв, В.Д. Циделко – Харківська хірургічна школа. – 2007. – № 3 (26). – С. 199-200.
6. Кузьмичёв А.И., Чаплинский Р.Ю. Плазменные системы высокого давления с микроструктурированными электродами. Часть 1. Физические основы генерации нетермической плазмы при атмосферном давлении / А.И. Кузьмичёв, Р.Ю. Чаплинский / Электроника и связь. – 2014. – Т. 19. – № 3(80). – С. 21-26.
7. Верещагин И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии / И.П. Верещагин. – М.: Энергоатомиздат, 1985, – 160 с.
8. Кислякова Е.В. Моделирование коронного разряда в электроотрицательном и нейтральном газах / Молодой учёный № 2 (61), 62-67, 2014 г.

9. Зубков Т. Н., Самусенко А. В., Стишков Ю. К. Моделирование очаговой формы отрицательного коронного разряда в системе электродов игла-плоскость / Электронная обработка материалов, 49 № 6, 30–35, 2013.
10. Самусенко А.В., Стишков Ю.К. Электрофизические процессы в газах при воздействии сильных электрических полей. Уч.-метод. пособие. – СПб.: ВВМ, 2012. - 649 с.
11. Sattari P., Adamiak K., Numerical Simulation of Trichel Pulses in a Negative Corona Discharge in Air, IEEE. Transactions on Industry Applications, vol. 47, 1935–1943, 2010. DOI: 10.1109/tia.2011.2156752.
12. Райзер Ю.П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 592 с. ISBN 978-5-91559-019-8.
13. Стишков Ю.К., Самусенко А.В. Компьютерное моделирование коронного разряда в инертном газе / Электронная обработка материалов. №4. 25-37, 2008.
14. Buyanov A. V., Elagin I. A., Pavlejno M. A., Stishkov Yu. K., Statuya A. A., Modelirovanie koronnogo razryada metodom Dejcha-Popkova v srede ANSYS, Sbornik dokladov 7-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferenczii “Sovremennye problemy elektrofiziki i elektrogidrodinamiki zhidkostej”, 2003.
15. Plasma Module User’s Guide. [Online]. Available: <https://doc.comsol.com/5.4/doc/com.comsol.help.plasma/PlasmaModuleUsersGuide.pdf>.
16. Samukawa S., Hori M., Rauf S. et al., The 2012 plasma road, J. Appl. Phys. D. Appl. Phys., vol. 45, pp. 253001-1–253001-37, 2012, DOI: 10.1088/0022-3727/45/25/253001.
17. Adamovich I., Baalrud S. D., Bogaerts A. et al., The 2017 plasma road: Low temperature plasma science and technology, J. Appl. Phys. D. Appl. Phys., vol. 50, pp. 323001-1–323001-46, 2017, DOI: 10.1088/1361-6463/aa76f5.
18. “Special Issue on Plasma Medicine, Plasma Proc. Polym., vol. 5, no. 6, pp. 495–621, 2008, URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/16128869/5/6>.

19. Fridman G., Friedman G., Gutsol A. et al., *Applied Plasma Medicine, Plasma Proc. Polym.*, vol. 5, no. 6, pp. 503–533, 2008, DOI: 10.1002/ppap.200700154.
20. Vasilets V. N., Gutsol A. F., Shekhter A. B., Fridman A., *Plasmennaya meditsina [Plasma medicine]*, *Khimiya vysokikh energiy*, vol. 43, no. 3, pp. 276–280, 2009, URL: <https://revolution.allbest.ru/medicine/d00418889.html>.
21. Laroussi M., *Low-temperature plasmas for medicine*, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 37, no. 6, pp. 714–725, 2009. DOI: 10.1109/TPS.2009.2017267.
22. Kong M., Morfill G., Nosenko T., et al., *Plasma medicine: an introductory review*, *New J. Phys.*, vol. 11, pp. 115012-1–115012-35, 2009, URL: <http://iopscience.iop.org/1367-2630/11/11/115012>.
23. Th. von Woedtke, Reuter S., Masur K., *Plasmas for medicine*, *Physics Reports*, vol. 530, no. 4, pp. 291–320, 2013, DOI: 10.1016/j.physrep.2013.05.005
24. Th. von Woedtke, Metelmann H.-R., Weltmann K.-D., *Clinical Plasma Medicine: State and Perspectives of in Vivo Application of Cold Atmospheric Plasma*, *Contrib. Plasma Phys.*, vol. 54, no. 2, pp. 104–117, 2014, DOI: 10.1002/ctpp.201310068.
25. Graves, D.B. *Mechanisms of Plasma Medicine: Coupling Plasma Physics, Biochemistry, and Biology*, *IEEE Trans. Rad. Plasma Med. Sci.*, vol. 1, no. 4, pp. 281–292, 2017. DOI:10.1109/TRPMS.2017.2710880.
26. Graves D.B., *The emerging role of reactive oxygen and nitrogen species in redox biology and some implications for plasma applications to medicine and biology*, *J. Phys. D. Appl. Phys.*, v. 45, no. 26, pp. 263001-1–263001-42, 2012. DOI: 10.1088/0022-3727/45/26/263001.
27. Tanaka H., Ishikawa K., Mizuno M. et al., *State of the art in medical applications using non-thermal atmospheric pressure plasma*, *Rev. Mod. Plasma Phys.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–90, 2017. DOI: 10.1007/s41614-017-0004-3.
28. Guceri S., Fridman A. (eds.), *Plasma Assisted Decontamination of Biological and Chemical Agents*, Springer, 2008. ISBN 978-1-4020-8439-3.

29. Aleinik A. N., Plasmennaya meditsina [Plasma Medicine], Tomsk, TPU, 2011, URL:<http://www.booksmed.com/biologiya/2417-plazmennaya-medicina-aleynik-uchebnoe-posobie.html>.
30. Laroussi M., Kong M., Morfill G., Stolz W. (eds.), Plasma Medicine. Application of low-temperature gas plasmas in medicine and biology, Cambridge Univ. Press, 2012. ISBN-13: 978-1107006430.
31. Machala Z., Hensel K., Akishev Yu. (eds.), Plasma for Bio-Decontamination, Medicine and Food Security, Springer, 2012, URL: <https://www.springer.com/gp/book/9789400728516>.
32. Becker K.H., Kogelschatz U., Schoenbach K.H., Barker R.J., Non-Equilibrium Air Plasmas at Atmospheric Pressure, Bristol: IOP Publishing, 2005. ISBN 9780367864170.
33. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ABSTRACT

Actuality of theme. Currently, there is a growing interest in non-drug treatments that can replace or significantly limit the need for synthetic drugs and thus affect various aspects of the pathological process, help regulate disturbed homeostasis, improve the functional state of various organs and systems, activation of protective forces organism. One of such methods is the therapeutic use of ozone, which is becoming widespread in clinical practice in our country and abroad. This is because ozone has a wide variety of therapeutic effects. For example, it is known that it has antibacterial, antiviral, anti-inflammatory and immunomodulatory effects, enhances microhemodynamics, helps to correct disorders of lipid peroxidation and increases the activity of the antioxidant defense system due to artificial oxygen stress. All this made it possible to use this method in the treatment of a number of diseases. It is only oxygen and inexpensive disposable accessories are required.

Performing ozone-therapeutic procedures requires special medical equipment as an ozone-therapeutic equipment. Existing devices are very expensive and, as a rule, are delivered to doctors by individual orders. As a rule, they are designed to perform certain types of procedures, as each type of procedure requires certain concentrations and dosages of ozone exposure. Ozone is a toxic gas, so ozone equipment should not exceed the concentration of ozone in the atmosphere of the working area more than the MPC (0.1 mg/m^3) in the operating mode, as well as in emergencies, leaks of replaceable accessories or the device itself.

Various types of gas discharges can be used to produce ozone, but in most cases a discharge with a dielectric barrier between metal electrodes is used. In the case of concentrations up to 1 g/m^3 , a corona discharge between bare metal electrodes, one or both of which have a small radius of curvature (due to the shape of the electrodes in the form of a thread / thin wire or sharpening) with local electric field amplification is more suitable at the atmospheric pressure. This discharge requires a simpler DC power supply and simpler ozonator fabrication technology. In

particular, the absence of a dielectric barrier in the discharge space of the ozonator increases the reliability and service life of the ozonator. A corona discharge with a thin-wire cathode allows you to create a long discharge along the cathode; this reduces the density of the discharge current, evenly distributes the energy in the gas and heat dissipation from it to the wall of the outer tubular electrode, which contributes to more efficient generation of ozone, as it is prone to decay even at low heat. All this makes the corona discharge with a thin-wire cathode more preferable to the discharge with a conventional sharp cathode. However, ozonators with a wire cathode are insufficiently developed from the engineering point of view, their physical and topological models which allow to calculate electric characteristics are not presented in literature. Thus, the chosen direction of this work to solve these problems makes the topic of this dissertation relevant.

Connection of work with scientific programs, plans, topics. The dissertation was performed according to the work plan of the scientific group FEL-17 in the laboratory KMFPvEiPT in accordance with the task of the initiative R & D "Research of electrodynamic effects in devices of vacuum and plasma electronics of technological purpose", DR № 0119U103973.

The purpose and objectives of research. Creation of a prototype of the ozone-therapeutic apparatus with a corona discharge and experimental validation of the chosen direction of its development.

To achieve this goal it is necessary to solve the following tasks: to create a physical-topological model of corona discharge, which takes into account the most important physical processes in the drift-diffusion approximation under the action of self-consistent electric (i.e. taking into account the electrode field and space charge of particles generated in the interelectrode gap); perform experimental studies of the corona discharge on an experimental model with a thin-wire cathode and compare the simulation results with the experiment in order to validate the constructed model of the corona discharge; perform calculations to substantiate the structure and geometry of the ozonator and other accessories for ozone-therapeutic apparatus; to

carry out the sketch project of ozone-therapeutic apparatus; publish the results of their research and test them at scientific conferences.

The object of the study is a corona discharge in a form suitable for use in an ozone therapy device with a concentration of generated ozone up to 1 g/m^3 .

The subject of research is a physical-topological model of corona discharge, which takes into account the processes of ionization, recombination, adhesion of electrons to gas molecules, elastic collisions of charged particles with gas molecules, secondary ion-electron emission of the metal cathode in self-consistent mode. Experimental electrical parameters of corona corona discharge with thin-wire cathode and ozone generation characteristics.

Research methods: bibliographic analysis of information materials on ozone therapy, plasma medicine, physics and technology of gas discharges to determine the level of development of this field of science and technology and the choice of development; computer physical and topological modeling of gas-discharge devices of atmospheric pressure for studying the features of corona discharge and calculation of electrical characteristics; experimental measurements of electrical parameters of the corona discharge, the magnitude of gas flows and the concentration of ozone in gas flows; methods of designing electronic and gas-discharge devices for the design of the ozone-therapeutic apparatus.

Scientific novelty of the obtained results. It consists in determining: features of electric potential distribution near the cathode taking into account the formation of both positive and negative ions, features of charge particle concentration and current distribution in the interelectrode gap and charge particles currents, which were not previously described in the literature, dependence of ozone concentration on current and oxygen flow through corona discharge.

The practical significance of the obtained results. The method of calculation of volt-ampere characteristics of the ozonator is created, thus results of calculation corresponding to experiments were to determine the size of the region in the interelectrode gap, where the electrons have the energy required for the chemical

conversion of the working gas; this will minimize the size of the ozonator and the operating voltage; the project of the ozone-therapeutic device for demonstration to the interested medical institutions is executed; the agreement with the specialists of the Institute of Epidemiology of MedANU to continue work on the creation of a device for antibacterial and antiviral treatment of the indoor air is approved.

Personal contribution of the applicant. Collection and initial analysis of information materials on the topic of work were performed by the author, but discussion - in conjunction with the supervisor. The author performed calculations on the computer in person, but consulted with IT specialists. The results of the calculations were discussed with the supervisor. Measurements on the model of the ozonator were performed personally. The preliminary design of the ozone-therapeutic apparatus was performed with the participation of the supervisor. I wrote the text of the dissertation personally.

Approbation of dissertation results. 1. Report "Ozone generator on corona discharge with a wire cathode" at the IV International scientific-practical. Conference "Applied Scientific and Technical Research", April 1-3, 2020, Ivano-Frankivsk. Published abstracts of the report: Volume 1, p.121-122.

2. Report on the sciences. Conference "Electronics 2020", April 2020, Kyiv, KPI, "Gas discharge systems of atmospheric pressure for biomedical applications" published an article in the journal EiAI.

Publications. 1. Article "Atmospheric pressure gas discharge systems for biomedical applications". Journal of Electronic and Acoustic Engineering. 2020. Vol. 3, №. 3, p. 11-14. 2. Article "Modeling of a high-voltage ion diode with a wire cathode at atmospheric pressure". Journal of Microsystems, Electronics, Acoustics, 2020.

Structure and scope of the dissertation - the dissertation consists of four main sections - scientific and technical bases of ozone therapy, modeling of corona discharge with wire cathode at atmospheric pressure, experimental studies of ozone generation in corona discharge in coaxial electrode system with thin-wire cathode,

development therapeutic apparatus OTA-20. The total volume of the dissertation is 103 pages, including 72 pages of the main text, contains 19 figures, 27 tables, 2 appendices, 33 used references

ДОДАТОК А

Методи озонотерапії (Огляд матеріалів інтернет-видань закордонних спільнот озонотерапевтів)

В даний час все більш активно проявляється інтерес до немедикаментозних методів лікування, які можуть замінити або істотно обмежити потребу в лікарських препаратах і при цьому впливати на різні сторони патологічного процесу, сприяти регуляції порушеного гомеостазу, поліпшення функціонального стану різних органів і систем, активізації захисних сил організму. Одним з таких методів є лікувальне застосування озону, яка отримує значне поширення в нашій країні і за кордоном. Відбулися за останні роки ряд міжнародних конгресів і конференцій, а також проведені Всеросійські науково-практичні конференції дозволили узагальнити накопичений значний експериментальний і клінічний матеріал щодо застосування озону, сформулювати показання та протипоказання для призначення,

Широкі можливості використання озону в цілях лікування і профілактики, його висока клінічна ефективність, добра переносимість пацієнтами, відносна дешевизна методу, а значить істотна доступність, - все це сприяє тому, що озонотерапія в ізольованому вигляді або поєднанні з іншими лікувальними факторами повинна знайти широке застосування в поліклініках і стаціонарах, санаторіях і санаторіях-профілакторіях.

Лікувальне застосування озону

Озон (O₃) - алотропна форма кисню, газ з різким характерним запахом. Озон значно сильніший окислювач, ніж кисень. У зв'язку з цим озон окисляє багато речовин інертні до кисню у звичайних умовах. Характерними продуктами цілого ряду хімічних реакцій озону є озоніди, які утворюються при реакції озону з C = C зв'язками. У біологічному с

ередовищі реакція озону з подвійними зв'язками ненасичених жирних кислот (в основному з тригліцеридами) є домінуючою.

Вперше озон, як антисептичний засіб був випробуваний ще в 1915 році під час першої світової війни. У наступні роки поступово накопичувалася інформація про успішне застосування озону при лікуванні різних захворювань. Однак тривалий час в основному використовувалися методи озонотерапії, пов'язані з прямими контактами газу з зовнішньою поверхнею і різними порожнинами тіла. Озоно-киснева газова суміш при високих (40 - 80 мкг/мл) концентраціях в ній озону надзвичайно ефективна при обробці сильно інфікованих, ран що погано гояться, пролежнів, гангрени, опіках, грибкових ураженнях шкіри і т.п., а також як кровоспинний засіб. Низькі концентрації озону сприяють епітелізації і загоєнню.

При лікуванні колітів, проктитів, нориць і ряду інших захворювань кишечника використовувалося ректальне введення озонокисневої газової суміші. Озон, розчинений у дистильованій воді, успішно застосовувався для санації різних порожнин тіла.

В останні десятиліття на передній план вийшли методи, пов'язані з парентеральним (внутрішньовенним, внутрішньом'язовим, внутрішньосуглобовим, підшкірним) введенням терапевтичних доз озону. Для внутрішньовенного введення використовується озон, розчинений у фізіологічному розчині або в крові пацієнта.

При парентеральному введенні озону відбувається запуск або активізація цілого каскаду біохімічних процесів. Зокрема, це проявляється в активізації порушеною при багатьох патологічних станах системи антиоксидантного захисту. Терапевтичні дози озону, введені парентерально, істотно підсилюють мікроциркуляцію і покращують трофічні процеси в органах і тканинах, впливають на реологічні властивості крові, мають виражений імуномодуючий ефект, сприяють різкій активізації детоксикаційної системи захисту організму.

Різноманіття механізмів лікувальної дії озону визначило і широту його клінічного застосування.

Апаратне забезпечення озонотерапії

Медична озонаторна установка повинна включати озонатор повітряного охолодження і метрологічну систему, що дозволяє вимірювати концентрацію озону в озono-кисневої газової суміші і у водних розчинах, а також блок, що дозволяє регулювати швидкість газового потоку і деструктор невикористаного озону.

Озонатор повинен забезпечувати широкий діапазон концентрацій озону в газовій суміші (від мінімальних значень 1-2 мкг/мл до максимальних - не менше 70-80 мкг/мл). При цьому концентрація озону повинна плавно регулюватися в усьому вказаному діапазоні

Метрологія може бути забезпечена тільки методами прямого вимірювання концентрації озону, як в газовій фазі, так і в розчинах. Показники концентрації озону, визначені будь-якими непрямими методами (за силою струму в ланцюзі харчування озонатора, величині напруги, розрахунковим шляхом і т.п.), можуть значно відрізнятися від дійсних значень. У разі оцінки концентрації озону в фізіологічних розчинах та дистильованій води за непрямими показниками помилка зростає багаторазово.

Деструктор невикористаного озону, повинен забезпечувати при безперервній, багатогодинній експлуатації установки концентрацію озону на робочому місці нижче ГДК (0,1 мг/м³).

Перераховані вище вимоги є необхідними для сучасних озонаторне установок медичного застосування. При цьому управління установкою має бути максимально спрощено, що може бути досягнуто інтеграцією управління установкою на базі сучасних мікропроцесорів. Наявність в установці вбудованого таймера спрощує ряд технологічних операцій. Базовий комплект медичної озонаторної установки повинен включати пристрої, що забезпечують реалізацію існуючих методів озонотерапії. Вимоги до осіб, які працюють з медичними озонаторами:

1. До роботи з приладами допускаються тільки особи, які пройшли спеціальне навчання.
2. При роботі з апаратами для озонотерапії необхідно дотримуватися правила з техніки безпеки експлуатації електроприладів.

Методики озонотерапії:

Велика аутогемотерапія з озоном. У спеціальний контейнер з антикоагулянтами здійснюють забір 50-150 мл венозної крові, після чого в нього вводять приготовлену озонокисневої газову суміш (50-300 мл з концентрацією озону - 5-30 мкг/мл).

Протягом 3-10 хвилин ретельно і акуратно перемішують вміст контейнера, потім кров повторно вводиться пацієнтові в вену. Кількість розчиненого в крові озону розраховується як добуток обсягу газу, який використовується на концентрацію в ньому озону. Курс лікування становить в більшості випадків від 2-3 до 8-10 процедур.

Внутрішньовенне введення озонованого фізіологічного розчину (ОФР). Стерильний фізіологічний розчин в кількості 200 - 400 мл попередньо озонують, пропускаючи через нього озонокисневої суміш до досягнення концентрації озону в рідині - 1-6 мкг/мл, після чого вводять внутрішньовенно пацієнтові зі швидкістю 3-7 мл за хвилину. Що знаходиться в розчині озон досить швидко розпадається, тому озонування фізіологічного розчину виробляють безпосередньо перед введенням пацієнту. При початкових високих концентрації озону в ОФР, щоб уникнути можливого виникнення флебіту кубітальних вен, швидкість внутрішньовенного введення в перші 5-10 хвилин зазвичай дещо знижується (до 30-70 крапель в хвилину), з подальшим зростанням в подальшому.

Обидві зазначені вище методики відносяться до процедур загальної озонотерапії.

Ректальна інсуфляція газоподібної озонокисневої суміші здійснюється за допомогою шприца Жане. Газ в кількості 50 - 500 мл з концентрацією озону 5-

60 мкг/мл через спеціальний пластмасовий наконечник вводиться в пряму кишку. Час введення озону становить від 0,5 до 5-10 хвилин. Для виконання даної процедури потрібно попереднє очищення кишечника. Кишкові інсуфляції озонорозведеної суміші використовуються з одного боку як місцевий протизапальний і дезінфікуючий засіб, що нормалізує склад кишкової мікрофлори. З іншого боку ці процедури мають системний вплив на організм пацієнта, сприяють корекції різних метаболічних порушень і за своїм характером будучи методикою загальної озонотерапії, служать альтернативним варіантом внутрішньовенного введення ОФР або великий аутогемотерапії. Таким чином, ректальна інсуфляція озонорозведеної суміші поєднує в собі загальний і місцевий вплив.

Мала аутогемотерапія з озоном. У шприц, що містить 5-10 мл озонорозведеної суміші, роблять забір 5-15 мл венозної крові. Після акуратного перемішування озонована кров повторно вводиться пацієнту внутрішньом'язово у верхній зовнішній квадрант сідниці. Тривалість курсу - 4-8, рідше 10-12 процедур.

Підшкірне введення озонорозведеної газової суміші. Введення газу здійснюється, як правило, в больові точки або область навколо осередку ураження, а також зони навколо великих суглобів. Концентрація озону становить від 1-2 мкг/мл до 10 мкг/мл. Кількість вводиться газу від 2-3 до 10-12 мл в одну точку. Число точок для підшкірного обколювання під час однієї процедури озонотерапії може варіювати в залежності від поставлених перед лікарем завдань. Наприклад, при лікуванні целюліту можливе введення газової суміші в 6-12 точок.

Внутрішньом'язове введення озонорозведеної газової суміші. Для процедур внутрішньом'язового впливу концентрація озону становить 3-20 мкг/мл, кількість введеної озонорозведеної газової суміші становить 10-20 мл.

Периартикулярне і внутрішньосуглобове введення озонорозведеної газової суміші. Концентрація озону в озонорозведеної суміші становить 5-18 мкг/мл.

Кількість яка вводиться в порожнину суглоба або навколосуглобових простір газу залежить від величини суглоба і змінюється в межах від 1-3 мл (для дрібного суглоба) до 15-20 мл (для великого суглоба).

Внутрішньоартеріальне або внутрішньовенне введення озонорозведеної газової суміші. Цей спосіб є найменш поширеним, має строго обмежені показання і вимагає достатніх навичок і обережності при виконанні.

Озонорефлексотерапія. Введення в точки акупунктури газоподібного озону в кількості 0,2-1 мл низької концентрації (1 - 5 мкг/мл). За один сеанс впливають на 512 біологічно активних точок.

Пиття, полоскання або зрошення озонованим фізіологічним розчином (ОФР) або дистильованою водою. Барботування рідини відбувається в спеціальній скляній або пластмасовій ємності протягом 2-15 хвилин до досягнення необхідної концентрації. Швидкість наростання концентрації озону і його кінцевий рівень залежать типу озоніруемой рідини, її температури і ряду інших параметрів. Насичення озоном фізіологічного розчину при інших рівних умовах відбувається більш тривалий час, а розпад швидше, ніж дистильованої води. При зростанні температури рідини швидкість розпаду розчиненого в ній озону істотно зростає. Озонована рідина повинна бути використана протягом 10 - 40 хвилин після приготування. Зазвичай концентрація озону в рідині після озонування становить 0,5 - 7 мкг/мл.

Зовнішнє застосування газоподібної озонорозведеної суміші. При місцевому застосуванні озонорозведеної суміші необхідно пам'ятати, що бактерицидна дія озона проявляється тільки у вологому середовищі. Озон у високій концентрації має гемостатичний ефект, а низькі концентрації газу покращують мікроциркуляцію і можуть сприяти кровоточивості поверхні рани.

Застосування спеціально виготовлених масел, що містять озоніди. Масло наноситься тонким шаром на шкіру або слизову від 1 -2 до 4-6 разів на день. Слід мати на увазі, що у випадках наявного вираженого запального процесу на

ураженій ділянці починати лікування доцільно шляхом розведення озонованого масла звичайним вазеліновим маслом в співвідношенні 1: 1 - 1: 3.

Використання спеціальних ковпаків з нормальним або зниженим тиском газу (Наприклад, застосування "озонових чобіт"). Перед виконанням процедури кінцівку зволожується водою або фізіологічним розчином. На кінцівку одягається герметично закривається пластиковий мішок. Відбувається заповнення мішка газової озонокисневої сумішшю, далі проточно надходить в деструктор апарату озонотерапії. Тривалість процедури - від 15 до 30 хвилин. При непошкоджених шкірних покриттях концентрація озону становить від 8-10 до 25-30 мкг/мл. У випадках наявних ранових поверхонь зі свіжими грануляціями концентрація озону зменшується до 2-5 мкг/мл. Після закінчення зазначеного вище часу, перед зняттям з кінцівки, пластиковий мішок продувається протягом 5-10 хвилин киснем.

При виконанні процедур озонотерапії необхідно чітко дотримання ряду вимог, що дозволяють уникнути несприятливих ефектів:

- для отримання озонокисневої суміші в озонатор подається тільки чистий (медичний) кисень.
- починати курс лікування з проведення пробної процедури (можливо шляхом підшкірного або внутрішньом'язового введення невеликої кількості газової озонокисневої суміші або озонованого фізіологічного розчину з невисоким вмістом озону), під час якої уважно стежити за станом пацієнта;
- не можна вводити у флакон з озонованим фізіологічним розчином або контейнер з озонованою кров'ю будь-які інші лікарські препарати;
- при озонуванні рідини використовувати тільки фізіологічний розчин або дистильовану воду;
- все додаткове обладнання для озонотерапії має бути виготовлено зі скла, поліхлорвінілу, пластмаси (вироби з гуми руйнуються під дією озону);
- при локальному введенні озонокисневої суміші слід уникати застосування інших медикаментів в тому ж самому місці;

- уникати потрапляння озону в повітря робочого приміщення, в кабінеті озонотерапії бажано наявність витяжної вентиляції.

При введенні озонованого фізіологічного розчину або озонованою крові в судинне русло виникнення емболічних ускладнень неможливо, так як кисень і особливо озон мають хорошу розчинність в крові, а азот, основне джерело емболії - повністю відсутнє.

Показання до озонотерапії

Застосування озону в хірургії. Показання:

1. Перитоніт.
2. Сепсис.
3. Лікування і профілактика гнійних післяопераційних ускладнень.
4. Гострий панкреатит.
5. Кардіохірургічні втручання.
6. Остеомієліт.
7. Опіки.
8. Трофічні виразки, пролежні.
9. Передопераційна підготовка і післяопераційна реабілітація хворих, які перенесли різні хірургічні втручання, в т.ч. з приводу онкологічних захворювань.

В основному застосовуються методи загальної озонотерапії: велика аутогемотерапія або внутрішньовенне введення ОФР в кількості 200-400 мл при концентрації озону 1-6 мкг/мл, 2 - 5 процедур на курс лікування. Часто загальний вплив поєднують з місцевим застосуванням озону. Наприклад, при загальному перитоніті в стадії рефлексорного парезу і розвитку синдрому ентеральної недостатності в післяопераційному періоді можливе застосування наступних методик озонотерапії: внутрішньовенне введення ОФР, ректальні інсуфляції газової озонокисневої суміші, мала аутогемотерапія, рефлексорна озонопунктура.

При наявності токсичної стадії загального перитоніту комплекс лікувальних заходів може додатково включати в себе інтрапортальне введення ОФР, післяопераційний перитонеальний озоновий лаваж, велику аутогемоозонотерапію, ентеральний озоновий лаваж.

У тих випадках, коли є трофічні виразки нижніх кінцівок, процедури загальної озонотерапії поєднуються з зовнішнім застосуванням газоподібного озону ("озонові чоботи"), підшкірним введенням озону навколо осередку ураження або використанням масел, що містять озоніди.

При зовнішній обробці ран і опікових поверхонь слід враховувати, що найбільший бактерицидний ефект спостерігається при високій концентрації озону в газовій суміші, з іншого боку, в подальшому, для поліпшення трофічних процесів і нормальної епітелізації доцільно застосування озону з низькою концентрацією (3-15 мкг/мл). Поряд із застосуванням газоподібного озонорознесеної суміші для обробки ранових поверхонь можливе використання ОФР з концентрацією 2-6 мкг/мл.

Використання ОФР для активного дренирування залишкової кістком'якотканинної порожнини у пацієнтів перенесли операції з приводу остеомієліту довгих трубчастих кісток (Зайцев А.Б., 1998) дозволило скоротити терміни післяопераційного дренирування рани 7 днів (17 днів проти 24 днів у групі пацієнтів, які не отримували озонотерапії) і закінчити радикальну хірургічну обробку некротичного вогнища накладенням глухого шва. При цьому жодного разу не відзначалося місцевої запальної реакції на тривале перебування дренажної трубки в м'яких тканинах.

У тих випадках, коли озонотерапія застосовується з метою післяопераційної реабілітації хворих, які перенесли оперативні втручання з приводу онкологічних захворювань вельми доцільно призначення методик загального впливу з низькою концентрацією озону (наприклад, внутрішньовенне введення ОФР - 1-2 мкг/мл), 3-6 процедур на курс.

Основні механізми лікувальної дії озону відносно хворих хірургічного профілю: бактерицидний і бактеріостатичний ефект, посилення процесів мікроциркуляції, очищення ран і прискорення епітелізації, посилення різних ланок імунітету, детоксикація, стимуляція регенеративних процесів, знеболююче і антистресову дію.

Застосування озону в неврології. Показання:

1. Ішемічний інсульт.
2. Дисциркуляторна енцефалопатія.
3. Вегето-судинна дистонія.
4. Мігрень.
5. Розсіяний склероз.
6. Захворювання периферичної нервової системи.
7. Неврологічні прояви остеохондрозу хребта.

У лікуванні хворих, які перенесли ішемічний інсульт, а також пацієнтів з дисциркуляторною енцефалопатією, вегетативною дистонією, мігренню, розсіяний склероз в основному використовуються методики загальної озонотерапії з низькою або середньою концентрацією озону (внутрішньовенне введення 200-400 мл ОФР при концентрації озону - 1-4 мкг/мл або ректальне введення 100-150 мл газової суміші з концентрацією озону 10-25 мкг/мл). Курс лікування при цьому становить від 2-3 до 6-10 процедур, що призначаються, як правило, 1-2, рідше 3 рази на тиждень.

У разі геморагічного інсульту використання озону в гострому періоді протипоказано, тому що що відбувається при цьому поліпшення процесів мікроциркуляції за рахунок зміни реологічних властивостей крові може посилити розвиток патологічного процесу.

При захворюваннях периферичної нервової системи можливе застосування методик місцевої озонотерапії у вигляді підшкірного обколювання невеликою кількістю (0,5-5 мл при концентрації 5-15 мкг/мл) озонокисневої суміші (кілька точок), а також процедур озонорефлексотерапії.

Пацієнтам з неврологічними проявами остеохондрозу хребта може бути проведено лікування шляхом паравертебрального (на 3 см від остистого відростка) введення газової озono-кисневої суміші (після місцевої анестезії 3 мл 0,5% розчину новокаїну) в кількості 5-20 мл при концентрації озону 2-5 мкг/мл поєднанні з процедурами малої аутогемотерапії або, при необхідності, з введенням 1-2 мл газової суміші в регіонарні біологічно активні точки.

Застосування озону в гастроентерології. Показання:

1. Виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки;
2. Хронічний гастрит і гастродуоденіт;
3. Хронічний панкреатит;
4. Дискінезії жовчовивідних шляхів, хронічний холецистит, жовчнокам'яна хвороба;
5. Гострі і хронічні гепатити різного, в т.ч. вірусного походження;
6. Цироз печінки;
7. Хронічний проктит, проктосигмоїдит;
8. Неспецифічний виразковий коліт, хвороба Крона;
9. Хронічні тріщини заднього проходу.

Ефективними є методики загальної озонотерапії. Поряд з вираженою протизапальною дією озон підсилює трофічні процеси в слизовій оболонці шлунка і дванадцятипалої кишки, а також має бактерицидну дію відносно *Helicobacter pylori* (в поєднанні з препаратами вісмуту). Концентрація озону в рідині при внутрішньовенному введенні ОФР - 3-5 мкг/мл, курс - від 4 до 10 процедур 1-2 рази в тиждень. При ректальній інсуфляції концентрація озону становить від 10 до 30 мкг/мл, кількість 50 - 200 мл, курс - 4-8 процедур. Додатково показано пиття 100-200 мл озонованої дистильованої води з концентрацією озону 4 - 7 мкг/мл.

Широке застосування знаходить озон при лікуванні гострих і хронічних вірусних гепатитів (Змизгова А.В. та співавт., 1998; Яковлєв А.Ю. і співавт., 2000) При цьому доцільно включення озонотерапії в лікувальний комплекс в

поєднанні з препаратами інтерферону. Курс лікування становить від 6 до 12 процедур загальної озонотерапії, з можливістю повторення в подальшому. Показано використання озону і при гепатитах невірусної етіології (токсичних, алкогольних), а також цирозах печінки (Разваляева О.В., 1997). Тут можливе призначення внутрішньовенного введення ОФР, процедур великий аутогемотерапії або в якості альтернативного варіанту - ректальних інсуфляціями озонорисневої суміші.

Озонотерапія надає багатоплановий позитивний вплив на функціональний стан печінки, внутрішньопечінкову гемодинаміку, мікрогемоциркуляцію, агрегаційну активність тромбоцитів, процеси перекисного окислення ліпідів, має мембраностабілізуючу дію.

При лікуванні запальних захворювань кишечника використовуються ректальні інсуфляції озонорисневої суміші з концентрацією газу від 10 до 40 мкг/мл в кількості 50 - 300 мл. При атонії кишечника доцільні більш низькі концентрації озону, при спастичних станах - вищі. При неспецифічному виразковому коліті, хвороби Крона для досягнення гемостатичного ефекту доцільне призначення озонорисневої суміші з високою концентрацією озону - 60 -80 мкг/мл. Кількість вводиться газу залежить від переносимості пацієнтами і на першому етапі лікування може не перевищувати 40 - 60 мл. У разі наявності хронічних тріщин заднього проходу поряд з ректальними інсуфляціями озону невисоких концентрацій доцільно використання озонованого масла.

Застосування озону при захворюваннях серцево-судинної системи. показання:

1. Ішемічна хвороба серця, атеросклеротичне ураження судин.
2. Гіпертонічна хвороба.
3. Порушення серцевого ритму.
4. Облітеруючий ендартеріїт.
5. Інфекційний ендотаміокардит.

Застосування озону сприяє поліпшенню мікроциркуляції за рахунок нормалізації реологічних властивостей крові, а також зростанню фібринолітичної активності, зменшення рівня фібриногену та агрегації тромбоцитів. Відбувається нормалізація процесів перекисного окислення та активація антиоксидантної системи. Порухення кровопостачання, обумовлені артеріосклерозом, з наслідками, що впливають звідси явищами гіпоксії, є переважною областю озонотерапії. При цьому істотно посилюється оксигенація тканин, відбувається нормалізація різних метаболічних розладів.

Даний лікувальний метод застосовується у хворих на гіпертонічну хворобу як у вигляді монотерапії (при I ст.), так і в комплексі з лікарськими препаратами (II ст.). Досить ефективним є призначення озонотерапії у хворих зі стенокардією I - III функціональних класів (Сичова Є.І., 2000).

Основні лікувальні методики: внутрішньовенне введення ОФР, велика аутогемотерапія, ректальні інсуфляції озону, мала аутогемотерапія, в поєднанні з зовнішнім впливом газової озонотерапії суміші ("озонові чоботи") на кінцівки. Остання методика, як правило, призначається при атеросклеротичних ураженнях судин нижніх кінцівок.

Використовуються низькі або середні дози озону (200-400 мл ОФР з концентрацією озону 2-5 мкг/мл або 100-200 мл газу концентрації 15 - 30 мкг/мл при ректальній інсуфляції). Курс лікування становить від 3-4 до 8-10 процедур, що призначаються 1-2 рази в тиждень. Ефективність лікування залежить від ступеня тяжкості захворювання, віку пацієнтів та інших факторів. Можливе проведення кількох курсів озонотерапії з інтервалом 4 -12 місяців.

Застосування озону в лікуванні цукрового діабету та його ускладнень.

Озон активно застосовується при лікуванні пацієнтів, які страждають на цукровий діабет 1 або 2 типу (Атясов Н.І., Газін І. А., 2000). Позитивний ефект часто спостерігається вже після перших процедур. Під дією цього методу відбувається поліпшення загального стану хворих, знижується рівень глюкози

в крові, а також відзначається сприятлива динаміка наявних проявів периферичної мікроангіопатії і полінейропатії. В основному використовуються методики загальної озонотерапії (велика аутогемотерапія, внутрішньовенне введення 200 - 400 мл ОФР з концентрацією озону 1-4 мкг/мл, ректальні інсуфляції озонорисневої суміші з концентрацією озону 10-25 мкг/мл), а у випадках, коли є виражені трофічні порушення, доцільно поєднання процедур загальної озонотерапії з місцевим впливом у вигляді "озонових чобіт", підшкірного або внутрішньом'язового введення озонорисневої суміші. Концентрація газу в озоновому чоботі - 15-40 мкг/мл, тривалість процедури становить від 10-15 до 30-45 хвилин, на курс 3-8 процедур.

У ряді випадків, при лікуванні пацієнтів з ускладненнями діабетичної ангіопатії, можливе введення 400 мл озонованого фізіологічного розчину в нижню надчревную артерію (Беляєв О.М. і співавт., 2000), яку катетеризують під місцевою анестезією.

Необхідно відзначити, що озонотерапія хворих на цукровий діабет повинна проводитися під постійним контролем рівня глюкози в крові і, при необхідності, супроводжуватися зниженням дози введенного інсуліну або цукрознижувальних препаратів.

Застосування озону в дерматології і косметології. Показання:

1. Сверблячі дерматози: нейродерміт, екзема, кропив'янка і ін.
2. Псоріаз, червоний плоский лишай.
3. Грибкові захворювання: оніхомікози, висівкоподібний лишай, мікроспорія, трихофітія, кандидоз.
4. Вірусні захворювання: герпетичні ураження шкіри та слизових, загострені кондиломи, бородавки.
5. Піодермії, фурункульоз, вугровий хвороба.
6. Алопеція.

7. Виразкові ураження шкіри різної етіології (трофічні виразки, виразкові форми ангіїт шкіри і т.п.).

8. У комплексному лікуванні венеричних захворювань (сифіліс, гонорея та ін.) В якості імуномодуючого засобу.

9. Целюліт, стрії, рубці, телеангіоектазії.

Основними при даній групі захворювань є методики місцевої озонотерапії, які можуть поєднуватися з процедурами загальної озонотерапії. Здійснюється внутрішньом'язове введення озонокисневої суміші, мала аутогемотерапія, аплікації озонованого масла, наскірному застосування газоподібного озону ("під ковпаком"). При вірусних ураженнях шкіри і слизових оболонок найбільш ефективним є поєднання процедур загальної та місцевої озонотерапії. Необхідно відзначити, що приблизно в 0,2-0,5% випадків, у відповідь на застосування озонованого масла, може виникнути алергічний дерматит, що вимагає розрідження процедур або скасування даного методу лікування.

Тривалість лікування, кількість і частота проведених лікувальних маніпуляцій можуть змінюватися в широкому діапазоні. У ряді випадків можливе і доцільне проведення декількох курсів лікування.

Озонотерапія в гінекології і урології. Показання:

1. Гострі і хронічні запальні захворювання жіночої статеві сфери, захворювання, що передаються статевим шляхом;

2. Септичні стани;

3. Генітальний герпес;

4. Профілактика післяопераційних ускладнень і реабілітація хворих в післяопераційний період;

5. Конділоматоз;

6. Кандидоз геніталій;

7. Хронічний уретрит і простатит.

Основні методики: загальна озонотерапія в ізольованому вигляді або в поєднанні з вагінальними інсуфляціями озонокисневої суміші, внутрішньоматковими (ВМО) або внутрішньовагінальним зрошеннями (ВО) ОФР або дистильованою водою, аплікаціями озонованого масла.

При лікуванні хронічного ендометриту використовується ВМО озонованим фізіологічним розчином в концентрації 3-5 мкг/мл, а при виявленні специфічної інфекції (бактеріальної, вірусної, хламідійної і ін.) - додаткове внутрішньовенне введення ОФР (до 2-2.5 мг озону на процедуру) в кількості 5 - 6 процедур.

Лікування хронічних кольпітів різної бактеріальної або вірусної етіології включає вагінальні зрошення ОФР в обсязі до 1 л з концентрацією озону до 6-10 мкг/мл. Курс лікування становить 8 - 10 процедур. При лікуванні хронічних атрофічних кольпітів (сенільних) концентрація озону в ОФР до 5 мкг/мл, курс - 12-15 процедур. Доцільно поєднання з аплікаціями озонованим маслом 1-2 рази на день.

Сприяючи санації піхви, нормалізує місцевий імунітет, озонотерапія сприяє стійкому одужанню, а також виключає необхідність застосування антибактеріальних препаратів, дезінфікуючих розчинів.

Лікування генітального герпесу. У разі виявлення вірусу простого герпесу в крові, уретрі, піхві або шийці матки доцільна комбінація внутрішньовенного введення ОФР (7 - 12 процедур) та ВО.

При лікуванні хронічного уретриту або простатиту можливе введення озонованого масла в поєднанні з методиками загальної озонотерапії. Варто зазначити, що при наявності гострих запальних уражень озоноване масло необхідно розводити медичним вазеліновим маслом у співвідношеннях - 1: 1 - 1: 3.

Застосування озону в акушерстві. Показання:

1. Анемія вагітних.
2. Гіпотрофія плода.

3. Невиношування вагітності.

4. Гестози.

Застосування озону сприяє поліпшенню оксигенації крові, посилення кровопостачання плаценти, плоду. Відбувається нормалізація гормонопродкууючої функції фетоплацентарного комплексу, регуляція гуморального імунітету.

Основними методиками є велика аутогемотерапія або внутрішньовенне введення ОФР в кількості 200 - 300 мл з концентрацією озону 1-3 мкг/мл. Курс лікування становить від 3 - 4 до 8 - 10 процедур.

Застосування озону в стоматології.

показання:

1. Стоматит, гінгівіт.
2. Захворювання пародонту.
3. Флегмони і абсцеси щелепно-лицьової області.
3. Периостит і остеомієліт щелепно-лицьової області.

У лікуванні стоматологічних захворювань провідну роль відіграють методики місцевої озонотерапії, перш за все обробка слизової озонованою водою або ОФР з концентрацією озону від 1,5 до 8 мкг/мл, аплікації озонованого масла. Під дією озону значно знижується бактеріальна забрудненість слизової, поліпшується мікроциркуляція в ній, що позитивно впливає на перебіг захворювання.

У випадках хірургічного втручання з метою передопераційної підготовки досить ефективними є методики загальної озонотерапії. Місцевий вплив озоном полягає в обробці ОФР або дистильованою водою порожнин після ліквідації гнійного вогнища. Для стимуляції захисних сил і прискорення процесів загоєння можливе також можливе призначення методик загальної (парентеральної) озонотерапії (200-400 мл ОФР з концентрацією озону 1-4 мкг/мл).

Озонотерапія в оториноларингології. Показання:

1. Запальні захворювання носоглотки і придаткових пазух.
2. Стану після оперативних втручань, в т.ч. з приводу пухлинних поразок.
3. Гострі і хронічні захворювання вуха.

Використовуються методики місцевої озонотерапії: промивання озонованою водою або ОФР з концентрацією озону 1,5 - 8 мкг/мл, інсуфляції газової озонокисневої суміші з концентрацією озону 10 - 30 мкг/мл, аплікація озонованого масла. Можливо поєднання з процедурами загальної озонотерапії. Кількість місцевих процедур - 4-12, загальних - 3-8.

Озонотерапія при патології органів опори і руху Показання:

1. Артрози і артрити.
2. Лікування переломів.

Застосовуються методики загальної та місцевої озонотерапії. В основному використовується протибольовий і протизапальний ефекти впливу озоном, стимуляція репаративних процесів, нормалізація процесів мікроциркуляції. При лікуванні запальних і дистрофічних уражень суглобів застосовуються велика і мала аутогемотерапія, внутрішньовенне введення ОФР, часто проводяться внутрішньосуглобове введення газоподібної озонокисневої суміші, рідше ОФР. Можливе застосування "озонового чобота" з концентрацією озону 15-50 мкг/мл. Залежно від етіологічних чинників виникнення артриту кількість вводимого озону при процедурах загальної озонотерапії зростає (імуносупресивні ефект при аутоімунних ураженнях), або знижується (імуностимулюючу дію).

Процедури загальної озонотерапії рекомендуються при ревматичних ураженнях суглобів. Курс лікування включає 8 -10 процедур, що виконуються протягом 4 - 6 тижнів.

Внутрішньосуглобове введення озону рекомендується 1 - 2 рази на тиждень, хоча можливо більш часте введення. Проведення курсу озонотерапії може поєднуватися з призначенням лікарських препаратів або методів фізичної терапії.

Озонотерапія в лікуванні захворювань органів дихання. Показання:

1. Бронхіти і пневмонії, особливо при їх тривалому, затяжному перебігу.
2. Бронхіальна астма.
3. Туберкульоз легень.

Застосовуються методики загальної озонотерапії. В основному використовується антибактеріальну, протизапальну, імуностимулюючу дію озону. Можливо інгаляційне введення ОФР. При лікуванні туберкульозу озон, з одного боку, має виражену лікувальну дію навіть у тих випадках, коли виявляється практично повна стійкість мікроорганізмів до традиційних лікарських препаратів, а з іншого - при включенні в лікувальний комплекс озону посилюється ефективність використовуваних лікарських засобів. Слід лише нагадати, що інгаляції газової озонокисневої суміші в даний час практично не застосовуються, так як озон в концентраціях близьких до терапевтичних може надавати дратівливу і шкідливу дію на епітелій дихальних шляхів.

Протипоказання для проведення озонотерапії:

1. Ранній період після різних, в т. ч. внутрішніх кровотеч.
2. Геморагічний інсульт.
3. Гіпертиреоз.
4. Схильність до судом.
5. Гостра алкогольна інтоксикація.
6. Тромбоцитопенія
7. Зниження згортання крові
8. Алергія на озон.

У зв'язку з тим, що озон в низьких концентраціях має помірну гіпокоагуляційну дію, під час проведення курсу лікування скасовуються лікарські препарати, що сприяють зниженню згортання крові (аспірин, антикоагулянти і ін.). У жінок в період менструації в лікуванні робиться перерва.

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 Основні фізико-хімічні властивості озону

Молекулярна маса	47,9982 г/моль
Температура плавлення (1 атм.)	80,6±0,4 К
Температура кипіння (1 атм.)	161,3±0,3 К
Критична температура	261,1 К
Критичний тиск	54,6 атм.
Критична густина	0,437 г/см ³
Критичний об'єм	від 88,9 см ³ /моль до 147 см ³ /моль (в залежності від різних факторів і стану)
Густина газу (273,15 К)	2,144 г/л
Густина рідини (85,2 К)	1,59±0,07 г/см ³
Густина твердого озону (77,4 К)	1,73±0,02 г/см ³
Поверхневий натяг (77,4 К)	43,8 дин/см
(90,2 К)	38,4 дин/см
В'язкість рідини (77,6 К)	4,17 сПз
(90,2 К)	1,56±0,02 сПз
Теплота випаровування (161,2 К) (161,2 К) (161,3 К) (90,2 К) (85-95 К)	15,19 кДж/моль 14,27 кДж/моль 11,17 кДж/моль 15,27 кДж/моль 16,6 кДж/моль
Теплота плавлення	2,1 кДж/моль
Теплота розчинення (291,15 К) у воді (291,15 К) (273,15 К)	14,2 кДж/моль 16,3 кДж/моль 24,7 кДж/моль

Константи рівняння Ван-дер-Ваальса	$a = 3,535 \text{ атм.л}^2/\text{моль}$ $b = 0,04903 \text{ л/моль}$
Коефіцієнт дифузії ($p=1 \text{ атм}, T=300 \text{ К}$)	$0,157 \text{ см}^2/\text{с}$
Дипольний момент	$0,55 \text{ Дб}$ $0,53 \pm 0,02 \text{ Дб}$ $0,58 \pm 0,05 \text{ Дб}$
Діелектрична стала: газ	1,0019
рідина	4,79
Коефіцієнт теплового розширення	$(90,1 \text{ К}) \quad 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ $(161 \text{ К}) \quad 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$
Показник заломлення: газ 480 нм	1,0533
546 нм	1,0520
671 нм	1,0502
рідина 535 нм	1,2236
589 нм	1,2226
670,5 нм	1,2213
Потенціал іонізації	$12,8 - 13,5 \text{ еВ}$ $12,52 \text{ еВ}$

ДОДАТОК В

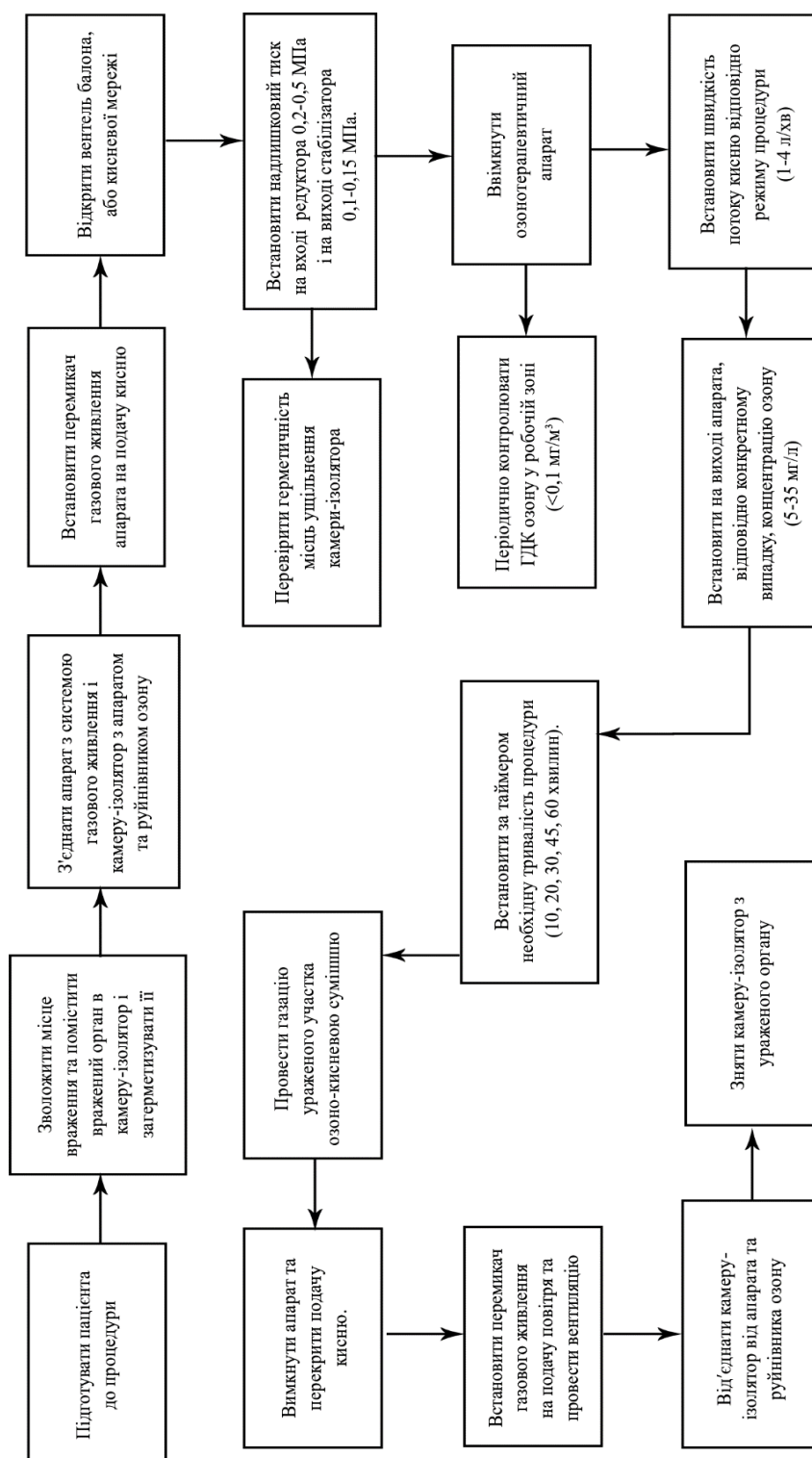


Рис. Г.1. Структурно-алгоритмічна параметрична модель озонної процедури методом газациї в камері-ізоляторі