

УДК 615.478:615.83(045)
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.3.1/37>

Трофімов І.Л.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Матвєєва О.Л.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Чумак В.Л.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Єфименко В.В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Левченко С.В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

РОЗРОБКА ПРИЛАДУ ДЛЯ ВОДНЕВО-КИСНЕВО-ОЗОНОВОЇ ТЕРАПІЇ

У статті наведено аналіз наукової літератури щодо впливу озону, кисню та молекулярного водню, залежно від шляхів введення, на різні рівні організації організму при різних патологічних станах, а також обговорюються можливі напрями їх спільного застосування у медицині. Встановлено, що використання системної озонотерапії ефективно в лікуванні широкого спектру захворювань, зокрема таких захворювань, як атеросклероз, наслідки ішемічного інсульту, вегето-судинна дистонія, мігрень та цукровий діабет, можуть бути успішно контрольовані безболісно та без побічних ефектів завдяки озону. Киснева терапія зазвичай призначається при респіраторних та серцевих захворюваннях, ефективно усуває симптоми дихальної недостатності та має позитивний вплив на серцево-судинну систему. Воднева терапія дає позитивний антиапоптозний, протиалергічний ефекти, а також стимулює енергетичний метаболізм. При цьому побічні ефекти вкрай незначні навіть при введенні в організм високих концентрацій водню, що дозволяє говорити про безпеку і відсутності протипоказань до застосування водневої терапії. Запропоновано власне розроблену корисну модель приладу для воднево-киснево-озонової терапії, яка належить до хімічних технологій лікарських речовин та медичних виробів, а саме до медичного обладнання для проведення воднево-киснево-озонової інгаляції і може бути використана в медицині та клінічній практиці під час лікування цілого ряду захворювань із застосуванням кисню, водню та озону. Запропонований прилад дозволяє значно розширити його функціональні можливості щодо використання в різних методиках лікування за допомогою воднево-киснево-озонової терапії. Прилад дозволяє проводити насичення воднем фізіологічних розчинів, що знаходяться у герметичних стерильних пластикових пакетах, насичувати водні розчини воднем, використовувати воднево-киснево-озонову суміш для проточного зрошення, використання озонованої чи збагаченої воднем води або олії в баньнеозонотерапії. Прогнозовано прилад можна використовувати в комплексному лікуванні та профілактиці багатьох захворювань.

Ключові слова: медичне обладнання, лікування, молекулярний водень, воднева терапія, киснева терапія, озонотерапія, інгаляція, корисна модель.

Постановка проблеми. Окиснювальний стрес відіграє ключову роль у патогенезі широкого спектру захворювань, включаючи серцево-судинні, нейродегенеративні захворювання, рак та цукровий діабет. Незважаючи на значну кількість антиоксидантних засобів, ефективність їх клінічного використання залишається обмеженою. Молекулярний водень – малий нейтральний газ, здатний проникати через біологічні

мембрани і вибірково нейтралізує найбільш токсичні вільні радикали – є інноваційним напрямком профілактики та лікування захворювань, пов'язаних з окисним стресом.

Як відомо, озонотерапія – метод лікування із застосуванням озону, отриманого за допомогою медичного озонатора з кисню у терапевтичних концентраціях [1]. Застосування медичного озону (озоно-кисневої суміші, що складає

з 0,05% – 10% озону і 99,95% – 90% чистого кисню) є особливо ефективним при судинних захворюваннях з вираженою гіпоксією: стенокардії, атеросклерозі, вадах серця, ішемічній хворобі. Озон активізує обмінні процеси на клітинному рівні, поліпшує мікроциркуляцію крові і газообмін. Озон успішно використовується в хірургії для лікування гнійних ран, трофічних виразок, перитоніту, сепсису тощо. Необхідно відзначити, що регулярні курси озонотерапії істотно поліпшують стан хворих на діабет, рак, СНІД й дозволяють їм вести нормальний спосіб життя. Озонотерапія з успіхом замінює антибіотики при лікуванні запальних процесів та інфекцій різної етіології [1]. Озонотерапія передбачає використання озону (O_3) у медичних цілях. Деякі клініки, зокрема в Україні, застосовують цей метод для лікування різноманітних захворювань, включаючи серцево-судинні, ендокринні та шлунково-кишкові розлади. Озон має проти-запальні, антисептичні та імуномодуючі властивості. Проте варто зазначити, що озонотерапія залишається суперечливою в медичній спільноті. Деякі дослідження вказують на потенційні ризики, особливо при неправильному застосуванні, включаючи токсичність при інгаляції та можливі побічні ефекти [2].

У 2007 році завдяки дослідженням японських вчених Ікуроха Осави, Шігео Охти та ін. (Ikuroh Ohsawa, Shigeo Ohta et al) [3] дана концепція водневої терапії була переглянута і доведено, що молекулярний водень (H_2) вибірково реагує з високореактивними цитотоксичними оксидантами, такими як гідроксильний радикал ($\bullet OH$) і пероксинітрит ($ONOO^-$), безпосередньо всередині клітин. Саме ці найбільш реакційно здатні активні форми кисню беруть участь в патогенезі більшості відомих захворювань і патологічних станів різних органів і систем організму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні озон вважається популярним і ефективним засобом знезараження води, повітря та очищення продуктів харчування. Озон пригнічує вірус, частково руйнуючи його оболонку. Припиняється процес його розмноження і порушується здатність вірусів з'єднуватися з клітинами організму. При впливі озону на мікроорганізми, в тому числі на дріжджі, локально пошкоджується їх клітинна мембрана, що призводить до їх загибелі або неможливості розмножуватися. В праці [2] встановлено, що газоподібний озон вбиває практично всі види бактерій, вірусів, пліснявих і дріжджоподібних грибів і найпростіших. Озон

в концентраціях від 1 до 5 мг/л протягом 4–20 хв. призводить до загибелі 99,9% ешерихії коли, стрептококів, мукобактерій, філококков, кишкової і синьогнійної паличок, протей, клебсієли і ін. Насичена озоном суміш буквально спалює бактерії і грибки і чудово зупиняє кров. Її застосовують при обробці сильно інфікованих ран, а також при пролежнях, гангрені, опіках. Низькі концентрації діють подібно життєдайного бальзаму – сприяють загоєнню і утворенню нових клітин шкіри.

Окрім руйнування бактерій, озон виконує й інші важливі функції. У невеликих дозах він впливає на локальний імунітет людини шляхом активації лейкоцитів для виявлення та нейтралізації патогенних мікроорганізмів. Озонотерапія сприяє поліпшенню насичення тканин киснем. Взаємодіючи з кров'ю, активний озон стимулює еритроцити до вироблення специфічного ферменту, який зміцнює зв'язок між гемоглобіном і киснем. Завдяки цьому ферменту, гемоглобін ефективніше постачає кисень до навколишніх тканин, що поліпшує їх функціонування. Перехід від низького до значнішого кисневого забезпечення сприяє зміцненню та оновленню капілярів. Це вдосконалює кровопостачання, стимулюючи процеси регенерації та загоєння тканин.

Концентрація 50-ї частинок озону на 1,000,000,000 частинок повітря значно знижує забруднення повітря. Особливо сильний вплив виявляється на ешерихіями коли, сальмонелу, стафілокок, кандиду, аспергіліус. Озон благотворно впливає на здоров'я людей. У гірському повітрі міститься велика кількість озону. Саме там зустрічається найбільша кількість довгожителів. Ефект, одержуваний при озонотерапії, характеризується [2, 5]:

- активізацією процесів детоксикації, відбувається придушення активності зовнішніх і внутрішніх токсинів;
- активізацією процесів метаболізму (обмінних процесів);
- посиленням мікроциркуляції (кровопостачання);
- поліпшенням реологічних властивостей крові (кров стає рухомий);
- поліпшенням тканинного дихання;
- нормалізацією імунітету;
- нормалізацією процесу перекисного окиснення ліпідів (жирові обмінні процеси);
- активізацією антиоксидантного захисту організму (відновлюється динамічна рівновага між перекисне окислення та антиоксидантної захистом);

- зняттям запального процесу;
- має чітко виражений знеболюючий ефект.

Цілі використання озону в медичній практиці [5]:

- Обробка інфікованих ран, опіків, грибкових уражень шкіри, пролежнів.
- Використання озону як кровоспинний засіб (при високих концентраціях).

- Як загоювального за низьких концентрацій.
- В медицині використовують у вигляді газової суміші, розчиняється у фізіологічному розчині або дистильованій воді, для лікування захворювань кишкового тракту, в хірургії та ін.

- Використовується також системна озонотерапія шляхом введення озону внутрішньом'язово, внутрішньовенно та ін.

Озонотерапія успішно застосовується практично у всіх областях медицини:

- відновлення мікрофлори кишечника;
- відновлення моторної функції кишечника;
- лікування серцево-судинних захворювань, артритів, артрозів;
- лікування інфекційних захворювань, в тому числі герпесу, гепатитів;
- радіаційні ураження;
- гангрена;
- шкірні захворювання та ін.

Застосування озону зовнішньо значно відрізняється за своїми наслідками від системної терапії. Такий метод називається парентеральною озонотерапією. У цій техніці озон розчиняється в фізіологічному розчині, дистильованій воді або в крові пацієнта і вводиться в організм через крапельне введення, ін'єкції чи підшкірні уколи. Використання системної озонотерапії ефективно в лікуванні широкого спектру захворювань. Такі хвороби, як атеросклероз, наслідки ішемічного інсульту, вегето-судинна дистонія, мігрень та цукровий діабет, можуть бути успішно контрольовані безболісно та без побічних ефектів завдяки озону. З кожним роком цей перелік хвороб продовжує розширюватися. Озон функціонує як антиоксидант і імуномодулятор. В основі багатьох патологій лежать окислювальні реакції та пов'язані з ними вільні радикали. Окиснення можна фактично назвати синонімом старіння. Хімічні реакції з участю кисню продукують вільні радикали через виділення атомів водню з клітин. Деякі з цих радикалів корисні, оскільки допомагають у боротьбі з інфекціями. Однак інші здатні атакувати клітини, викликаючи їх дисфункцію або загибель. До 50 років до 30% клітинних білків може бути зруйновано через

активність вільних радикалів. Молекули озону, що складаються з трьох атомів кисню, можуть зв'язувати руйнівний водень і сприяти його виведенню з організму, тим самим продовжуючи життєздатність і молодість клітин.

Киснева терапія – це універсальний та ефективний метод лікування за допомогою кисню [6]. Ця терапія використовується для запобігання захворюванням і надання швидкої медичної допомоги. Введення медичного кисню ефективно задовольняє потреби організму, покращуючи функцію дихальної системи та інших органів. Гіпоксія – це патологічний стан, що виникає при недостатньому рівні кисню в організмі, що може призвести до дисфункції всіх органів. Вона також може зустрічатися у здорових людей, які ведуть малорухливий спосіб життя і рідко виходять на свіже повітря. Недостатність кисню може стати причиною депресії, метаболічних порушень, зниження імунітету й навіть виснаження організму. У таких випадках на допомогу приходить киснева терапія. Важливо, щоб концентрацію кисню і кількість сеансів кисневої терапії визначав лише лікар після консультації. У призначенні враховується причина патології та загальний стан здоров'я пацієнта.

Симптоми за яких лікарі радять кисневу терапію [6]:

- виникнення сонливості й загальмованість;
- мігрень та значне зниження пам'яті;
- порушення концентрації уваги та зниження фізичної активності;
- затяжна депресія та розлади сну;
- задишка та тривалий кашель;
- порушення серцевого ритму та нестійкий артеріальний тиск;
- запаморочення, швидка втома, порушення терморегуляції;
- набряки та блідість шкірних покривів.

Киснева терапія найчастіше показана при дихальних та серцевих розладах. Киснева терапія зазвичай призначається при респіраторних та серцевих захворюваннях. Медичні заклади повинні бути обладнані кисневими балонами. У деяких випадках може виникнути потреба в проведенні кисневої терапії вдома, але обов'язково слід попередньо проконсультуватися з лікарем. Достатнє забезпечення організму киснем дозволяє уникнути гіпоксії. Згодом метаболічні процеси приходять в норму, організм очищається від токсинів і шлаків. Імунітет зміцнюється, прискорюються всі відновлювальні процеси. Киснева терапія ефективно усуває симптоми дихальної

недостатності та має позитивний вплив на серцево-судинну систему. Покращене кровообіг призводить до нормалізації артеріального тиску.

Нещодавно молекулярний водень (H_2) здобув важливе місце в сфері медичної газотерапії завдяки своїм унікальним властивостям [7]. Цей газ, який не має кольору або запаху, є продуктом найпростішого хімічного елемента. Завдяки своїм невеликим розмірам і низькій молекулярній масі, H_2 здатен проникати через будь-які біологічні бар'єри. Багато добавок і антиоксидантів потребують специфічних транспортерів для потрапляння у клітини та досягнення ефективності, тоді як H_2 не вимагає цього через свої менші молекулярні параметри. Висока біодоступність H_2 відповідає основній вимозі будь-якого фармакологічного агента для реалізації біологічної дії. Проте для пояснення широти його біомодуючих та лікувальних властивостей потрібні додаткові характеристики [8–10].

Наукова інформація в сфері біомедицини щодо H_2 активно оновлюється. На кінець 2022 року було проведено близько 100 рандомізованих контрольованих досліджень і опубліковано більше 2000 статей. Розглядаються численні аспекти впливу молекулярного водню, проте основна увага досліджень зосереджена на кардіологічних [9, 11], неврологічних [11–12] та радіопротекторних [13–14] ефектах водню. У працях [15–17] описано ефективне застосування водню про онкологічних захворюваннях.

Водневу терапію нещодавно додали до протоколів лікування пацієнтів з COVID-19 у Китаї. Згідно з китайськими клінічними рекомендаціями сьомого видання щодо діагностики та лікування пневмонії COVID-19, виданими Національною комісією охорони здоров'я Китаю, дослідження показали значну ефективність вдихання суміші з 66,6% водню та 33,3% кисню. Це значно уповільнює погіршення дихальної функції легень при новій коронавірусній інфекції, а також зменшує розвиток емфіземи та запальних реакцій у легеневій тканині при різних гострих і хронічних захворюваннях [18].

Одними із найбільш поширених методів молекулярно-водневої терапії є інгаляція сумішей газів, що містять H_2 з різним складом, вживання насиченої воднем води, а також інфузія чи ін'єкція розчину натрію хлориду, насиченого H_2 . Кожен із цих підходів відрізняється своїми характеристиками, має певні переваги та недоліки, а також різні можливі молекулярні механізми дії. У межах більшості досліджень, спрямованих на

оцінку ефективності використання водню, застосовувалися воднево-насичені розчини одного чи іншого типу [3, 9–11]. Однак зростає кількість досліджень, які розглядають інгаляцію водню, особливо в контексті клінічного застосування. Інгаляція H_2 є відносно простим методом впливу як на лабораторних тварин, так і на людей. Цей підхід був використаний Ікурогом Осавою (Ikuroh Ohsawa) та співавторами у моделі ішемії-реперфузії на щурах [3].

Численні експериментальні та клінічні дослідження [19–22, 7, 23–26] підтвердили, що молекулярний водень має селективної антиоксидантної активності щодо найбільш цитотоксичних (небезпечних для організму) вільних радикалів, а також надає інші позитивні ефекти: проти-запальний, антиапоптозних, протиалергічний, а також стимулює енергетичний метаболізм. При цьому побічні ефекти вкрай незначні навіть при введенні в організм високих концентрацій водню, що дозволяє говорити про безпеку і відсутності протипоказань до застосування водневої терапії [20].

Постановка завдання. На основі аналізу літературних джерел встановлено, що поєднане використання водневої, кисневої та озонної терапії має переваги в ефективності лікування порівняно з озонною терапією та водневою терапією в окремому застосуванні.

У зв'язку з ефективністю застосування воднево-киснево-озонної терапії постала необхідність створення єдиного приладу, що працює в широкому діапазоні впливу на організм, задовольняє критеріям максимального числа відомих лікувальних методик.

Мета цієї роботи полягала у дослідженні ефективності застосування воднево-киснево-озонної терапії та розробці єдиного приладу для поєднаних воднево-киснево-озонної терапії.

Виклад основного матеріалу. Відомий апарат для озонної терапії універсальний медичний [27], який містить розрядну камеру, вимірник концентрації озону у вигляді проточної кювети, вимірник тиску, блок регулювання витрати газової суміші.

Відомий прилад для озонної терапії [28], який містить джерело медичного кисню, перемикач витрати кисню, розміщений між регулятором тиску та регулятором озону.

Недоліками цих пристроїв є використання як джерело кисню балонів із стисненим киснем, що надає пристроям додаткової ваги та потребує додаткових витрат на обслуговування. Пристрої

призначені для озонОВОЇ терапії лише у вузькому діапазоні використання, що пов'язане з відсутністю чіткого контролю озону в озон-кисневій суміші та є небезпечним.

Відомий прилад для подачі газоподібного водню в живий організм [29], який містить електролітичну камеру, в якій піддають електролізу неочищену воду, мембрану, що ділить камеру з середини та зовні, пару електродних пластин, джерело живлення постійного струму, та вакуумний насос для подачі газу-розріджувача.

Недоліками пристрою є використання у якості газу-розріджувача – звичайного повітря. Анодна частина електролітичної камери при цьому для озон-кисневої суміші не використовується, що звужує функціональні можливості пристрою та не уможливлює контроль концентрації озону в озон-кисневій суміші.

Відомий також, обраний як прототип, прилад для озон-водневої терапії [30], що містить електролітичну камеру, розділену полімерною мембраною на анодну та катодну частини, датчик тиску водню, регулятор потоку водню. Катодна частина камери сполучена з першою окремою місткістю для дистильованої води, зв'язаною з блоком управління і живлення за допомогою датчика тиску водню, яка сполучена з регулятором-перемикачем напрямку подачі водню, який сполучений з вихідним патрубком водню та місткістю для насичення розчинів воднем. Анодна частина камери сполучена з іншою окремою місткістю для дистильованої води, яка за допомогою датчика тиску озон-кисневої суміші зв'язана з блоком управління і живлення та буферною місткістю для накопичення стиснутої озон-кисневої суміші, яка у свою чергу послідовно з'єднана з регулятором концентрації озону, вимірювачем концентрації озону, та регулятором потоку, що сполучений з вихідним патрубком озон-кисневої суміші.

До недоліків цього пристрою слід віднести те, що його анодна частина електролітичної камери використовується тільки для отримання озон-кисневої суміші, не дозволяє окремо отримати якісний кисень, що звужує функціональні можливості пристрою. Також указаний прототип не містить осушувачів озон-кисневої суміші, що також звужує температурний інтервал його використання.

В основу корисної моделі [31] нами було поставлено задачу удосконалення приладу для воднево-киснево-озонОВОЇ терапії шляхом додаткового оснащення пристрою осушувачем водню

та осушувачем кисню, датчиком тиску кисню, регулятором та вимірювачем концентрації кисню, регулятором перемикачем напрямку подачі кисню, місткістю для насичення інгаляційних розчинів воднем, назальною маскою для інгаляцій забезпечується розширення функціональних можливостей заявленого приладу.

Поставлена задача удосконалити прилад вирішена тим, що у відомому приладі для озон-водневої терапії, який містить електролітичну камеру, розділену полімерною мембраною на анодну та катодну частини, датчик тиску водню, регулятор потоку водню. Катодна частина камери сполучена з першою окремою місткістю для дистильованої води, зв'язаною з блоком управління і живлення за допомогою датчика тиску водню, яка сполучена з регулятором-перемикачем напрямку подачі водню, який сполучений з вихідним патрубком водню та місткістю для насичення розчинів воднем. Анодна частина камери сполучена з іншою окремою місткістю для дистильованої води, яка за допомогою датчика тиску озон-кисневої суміші зв'язана з блоком управління і живлення та буферною місткістю для накопичення стиснутої озон-кисневої суміші, яка у свою чергу послідовно з'єднана з регулятором концентрації озону, вимірювачем концентрації озону, та регулятором потоку, що сполучений з вихідним патрубком озон-кисневої суміші, згідно [31] катодна частина камери сполучена з першою окремою місткістю для дистильованої води, зв'язаною з блоком управління і живлення за допомогою датчика тиску водню, яка сполучена з осушувачем водню, який сполучено з регулятором-перемикачем напрямку подачі водню, який сполучений з вихідним патрубком водню та місткістю для насичення розчинів воднем, який сполучено з назальною маскою для інгаляцій. Анодна частина камери сполучена з іншою окремою місткістю для дистильованої води, яка за допомогою датчика тиску кисневої суміші зв'язана з блоком управління і живлення та осушувачем кисню, який у свою чергу послідовно з'єднаний з регулятором концентрації кисню, вимірювачем концентрації кисню, та регулятором потоку, що сполучений з вихідним патрубком подачі кисню назовні та вихідним патрубком кисню внутрішнім, який сполучено з назальною маскою для інгаляцій та озонатором, який у свою чергу сполучений з регулятором концентрації озону, вимірювачем концентрації озону, що сполучений з вихідним патрубком озону, який

послідовно сполучено з назальною маскою для інгаляцій.

Сукупність ознак заявленого приладу і технічний результат, що досягається, мають між собою причинно наслідковий зв'язок. Саме завдяки запропонованій корисній моделі вирішується задача розширення функціональних можливостей прототипу і підвищення його ефективності.

Датчик тиску кисню, регулятор концентрації кисню, вимірювач концентрації кисню та регулятор потоку кисню забезпечують розширення функціональних можливостей заявленого пристрою за рахунок можливості роботи пристрою в режимі генерації кисню в трьох режимах, а саме режим подачі кисню назовні для використання за межами пристрою (наприклад заправка балонів медичних кисневих апаратів чи кисневої терапії), режим подачі кисню до назальної маски і її використання як кисневої маски, режим подачі кисню до озонатора для подальшого його озонування.

Осушувач кисню і осушувач водню для отримання кисню та водню покращеної якості.

Використання маски для інгаляцій (конюлі назальної) забезпечують розширення функціональних можливостей заявленого пристрою за рахунок можливості роботи пристрою як інгалятора з проведенням киснево-воднево-озонової терапії органів системи дихання з використанням інгаляційних розчинів та без них. За потреби прилад можна використовувати для забезпечення хворих киснем (киснева маска).

Регулятор-перемикач напрямку подачі водню, сполучений з вихідним патрубком водню, місткістю для насичення інгаляційних розчинів воднем та інгаляційною маскою забезпечують розширення функціональних можливостей заявленого пристрою за рахунок можливості роботи пристрою в режимі генерації водню в двох режимах, а саме режим подачі водню назовні, для

використання за межами пристрою та режимі водневої інгаляції.

Озонатор сполучений з регулятором концентрації озону, вимірювачем концентрації озону та конюлем назальною забезпечують розширення функціональних можливостей заявленого пристрою за рахунок можливості роботи пристрою в режимі інгаляційної озонотерапії.

На рис. 1 зображена принципова схема приладу для воднево-киснево-озонової терапії.

Прилад для воднево-киснево-озонової терапії містить: блок управління і живлення 1, електролізер 3 (електролітичну камеру розділену полімерною мембраною з утворенням катодної і анодної частин камери), катодна частина камери сполучена з першою окремою місткістю 2 для дистильованої води, яка зв'язана з блоком управління і живлення 1 за допомогою датчика тиску водню 15, з осушувачем водню 16, який сполучений з регулятором-перемикачем напрямку подачі водню 14, який зв'язаний з вихідним патрубком водню на зовні, місткістю 13 для насичення інгаляційних розчинів воднем та назальною маскою 12; анодна частина електролізера 3 сполучена з другою окремою місткістю 2 для дистильованої води, яку за допомогою датчика тиску кисню 5 поєднано з блоком управління і живлення 1, осушувачем кисню 4, який в свою чергу послідовно з'єднано з регулятором концентрації кисню 6, вимірювачем концентрації кисню 7 та регулятором перемикачем напрямку подачі кисню 8, що сполучений з вихідним патрубком подачі кисню назовні, з назальною маскою 12 та озонатором 9, який у свою чергу послідовно сполучено з регулятором концентрації озону 10, вимірювачем концентрації озону 11 та назальною маскою 12.

Прилад працює таким чином. Під час режиму подачі водню для використання за межами пристрою, регулятор-перемикач 14 встановлюють

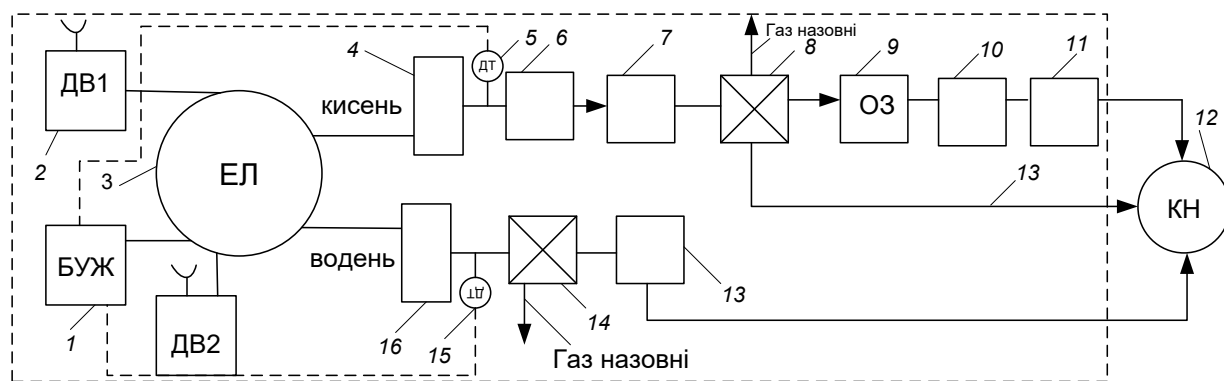


Рис. 1. Принципова схема приладу для воднево-киснево-озонової терапії

в положення «газ назовні», блок управління та живлення 1 вмикає живлення на електролізер 3, водень через регулятор-перемикач 14 і вихідний патрубок виходить назовні для проведення процедури пацієнту. Після завершення процедури регулятор-перемикач 14 переводять в нейтральне положення.

В блоці управління і живлення 1 підтримується заданий тиск водню в системі за допомогою датчика 15 шляхом вмикання та вимикання електролізера 3.

Під час режиму роботи пристрою в режимі генерації водню для інгаляційної водневої терапії на електролізер 3 з блока управління та живлення 1 вмикають живлення, регулятор – перемикач напряму подачі водню 14 встановлюють в положення, при якому водень переміщується від осушувача 16 до місткості 13 до досягнення заданого оператором тиску, після чого регулятор-перемикач 14 переводять в нейтральне положення. Прилад працює постійно на підтримання тиску в системі, а живлення електролізера 3 автоматично вимикається у випадку спрацювання датчика тиску 15.

Під час роботи пристрою в режимі генератора кисню чи озону в блоці управління та живлення 1 встановлюють необхідну швидкість потоку озону чи кисню за допомогою регулятора перемикач напряму подачі кисню 8, регулюють концентрацію кисню за допомогою регулятора концентрації кисню 6 та вимірювача концентрації кисню 7, регулюють концентрацію озону в озон-кисневій суміші за допомогою регулятора концентрації озону 10 та вимірювача концентрації озону 11, щоб показники вимірювачів 7 та 11 відповідали заданій концентрації кисню та озону відповідно.

У випадку, коли прилад довготривалий час працює як джерело водню, надлишковий тиск в системі скидають крізь послідовно з'єднані регулятор концентрації кисню 6 та озону 10, вимірювач концентрації кисню 7 та озону 11, регулятор перемикач напряму подачі кисню 8. При цьому регулятор концентрації кисню 6 встановлюють таким чином, щоб концентрація кисню дорівнювала нульовій позначці.

У випадку, коли прилад довготривалий час працює як джерело кисню чи озону, надлишок водню з системи скидають назовні за допомогою регулятора-перемикача 14 і вихідного патрубка.

Прилад може працювати в режимі інгалятора з подачею таких газових сумішей: водень

з повітрям (концентрація H_2 до 66%), водень з киснем (концентрація H_2 до 66%, концентрація O_2 до 33%), водень з озоном, кисень (чистота O_2 до 99,99%), кисень з озоном, озон. Максимальний тиск газів у системі пристрою до 1 МПа.

Висновки. Проведені аналітичні дослідження дали змогу встановити позитивний ефект від використання воднево-киснево-озонової терапії. Зокрема встановлено, що озонотерапія сприяє поліпшенню насичення тканин киснем. Використання системної озонотерапії ефективно в лікуванні широкого спектру захворювань. Такі хвороби, як атеросклероз, наслідки ішемічного інсульту, вегето-судинна дистонія, мігрень та цукровий діабет, можуть бути успішно контрольовані безболісно та без побічних ефектів завдяки озону.

Киснева терапія найчастіше показана при дихальних та серцевих розладах. Киснева терапія зазвичай призначається при респіраторних та серцевих захворюваннях. Киснева терапія ефективно усуває симптоми дихальної недостатності та має позитивний вплив на серцево-судинну систему. Покращене кровообіг призводить до нормалізації артеріального тиску.

Аналіз наукових праць підтвердив, що молекулярний водень має селективної антиоксидантну активність щодо найбільш цитотоксичних (небезпечних для організму) вільних радикалів, а також надає інші позитивні ефекти: проти-запальний, антиапоптозних, протиалергічний, а також стимулює енергетичний метаболізм. При цьому побічні ефекти вкрай незначні навіть при введенні в організм високих концентраціях водню, що дозволяє говорити про безпеку і відсутності протипоказань до застосування водневої терапії.

Запропонований прилад дозволяє значно розширити його функціональні можливості щодо використання в різних методиках лікування за допомогою воднево-киснево-озонової терапії. Прилад дозволяє проводити насичення воднем фізіологічних розчинів, що знаходяться у герметичних стерильних пластикових пакетах, насичувати водні розчини воднем, використовувати воднево-киснево-озонову (ВКО) суміш для проточного зрошення, використання озонованої чи збагаченої воднем води або олії в бапнеозонотерапії. Прилад дозволяє проводити інгаляційну ВКО терапію, використовувати його для забезпечення пацієнтів киснем. Використовувати в комплексному лікуванні та профілактиці багатьох захворювань.

Список літератури:

1. Озонотерапія. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://surl.li/vdrwzi> (дата звернення: 01.05.2025).
2. Маленков А.Г. Вплив озону на організм, бактерії і віруси. URL: <https://surl.li/rbzirz> (дата звернення: 01.05.2025).
3. Ikuroh Ohsawa, Masahiro Ishikawa, Kumiko Takahashi, Megumi Watanabe, Kiyomi Nishimaki, Kumi Yamagata, Ken-ichiro Katsura, Yasuo Katayama, Sadamitsu Asoh и Shigeo Ohta. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. 2007. *Nature* (13) : 688–694.
5. Озон у медицині (Озонотерапія). Клініка Біляка. Інноваційні технології у генікології, урології, хірургії, онкології. URL: <https://bilyak.com.ua/korysne/ozon-u-medicini-ozonoterapiya/> (дата звернення: 01.05.2025).
6. Киснева терапія. Бібліотека здоров'я. Національна медична бібліотека. URL: <https://www.chcrr.org/uk/health-topic/oxygen-therapy/> (дата звернення: 01.05.2025).
7. Покотило О.О., Покотило О.С., Корда М.М. Ефекти біологічної дії молекулярного водню. Медична та клінічна хімія. 2023. Т. 25. № 2. С. 102–121. DOI 10.11603/mcch.2410-681X.2023.i2.13980.
8. Ichihara, M., Sobue, S., Ito, M., Ito, M., Hirayama, M., et al. Beneficial biological effects and the underlying mechanisms of molecular hydrogen comprehensive review of 321 original articles. 2015. *Med. Gas Res.*, 5, 1–21.
9. Shen, M., Zhang, H., Yu, C., Wang, F., Sun, X. A review of experimental studies of hydrogen as a new therapeutic agent in emergency and critical care medicine. 2014. *Med. Gas Res.*, 4, 17.
10. Hirano, S.I., Ichikawa, Y., Kurokawa, R., Takefuji, Y., Satoh, F. A “philosophical molecule”, hydrogen may overcome senescence and intractable diseases. 2020. *Med. Gas Res.*, 10, 47–49.
11. Tao, G., Song, G., Qin, S. Molecular hydrogen: Current knowledge on mechanism in alleviating free radical damage and diseases. 2019. *Acta Biochim. Biophys. Sin.*, 51, 1189–1197.
12. Wang, L., Zhao, C., Wu, S., Xiao, G., Zhuge, X., et al. Hydrogen gas treatment improves the neurological outcome after traumatic brain injury via increasing miR-21 expression. 2018. *Shock.*, 50, 308–315.
13. Wu, J., Wang, R., Yang, D., Tang, W., Chen, Z., et al. Hydrogen postconditioning promotes survival of rat retinal ganglion cells against ischemia reperfusion injury through the PI3K. 2021. *Akt pathway. Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 495, 2462–2468.
14. Hirano, S.-I., Ichikawa, Y., Sato, B., Yamamoto, H., Takefuji, Y., et al. Molecular Hydrogen as a Potential Clinically Applicable Radioprotective Agent. 2021. *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 4566.
15. Hu, Q., Zhou, Y., Wu, S., Wu, W., Deng, Y., et al. Molecular hydrogen: A potential radioprotective agent. 2020. *Biomed. Pharmacother.*, 130, 110589.
16. Runtuwene, J., Amitani, H., Amitani, M., Asakawa, A., Cheng, K.C., et al. Hydrogen-water enhances 5-fluorouracil-induced inhibition of colon cancer. 2015. *PeerJ.*, 3, 859.
17. Hirano, S.-I., Yamamoto, H., Ichikawa, Y., Sato, B., Takefuji, Y., [et al] Molecular Hydrogen as a Novel Antitumor Agent: Possible Mechanisms Underlying Gene Expression. 2021. *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 8724.
18. Wang, D., Wang, L., Zhang, Y., Zhao, Y., Chen, G. Hydrogen gas inhibits lung cancer progression through targeting SMC. 2018. *Biomed. Pharmacol.*, 104, 788–797.
19. Liu S, Sun X, Tao H. Hydrogen: from a biologically inert gas to a unique antioxidant. In: *Molecular Mechanisms and Biological Effects* (Ed. Volodymyr Lushchak). 2012. Rijeka: InTech.
20. Hoshino T. Challenges: new knowledge, new techniques. URL: <http://www.mizukagaku.com/pdf/HSA6.pdf>.
21. Kurokawa R., Seo T., Sato B., Hirano S., Sato F. Convenient methods for ingestion of molecular hydrogen: drinking, injection, and inhalation. *Medical Gas Research*. 2015. URL: <http://medicalgasresearch.biomedcentral.com/articles/10.1156/s13615-015-0034-2>.
22. Sun X., Ohta S., Nakao A. Hydrogen Molecular Biology and Medicine. Springer, 2015. URL: <https://surl.li/gdcxbu>
23. Buchholz, B.M., Masutani, K., Kawamura, T., Peng, X., Toyoda, Y., et al. Hydrogen-enriched preservation protects the isogeneic intestinal graft and amends recipient gastric function during transplantation. 2011. *Transplantation*, 92, 985–992.
24. Deng, L., Du, C., Song, P., Chen, T., Rui, S., et al. The Role of Oxidative Stress and Antioxidants in Diabetic Wound Healing. 2021. *Oxidative Med. Cell. Longev.*, 2021, 8852759.
25. Lin, T.K., Zhong, L., Santiago, J.L. AntiInflammatory and Skin Barrier Repair Effects of Topical Application of Some Plant Oils. *Int. J.* 2017. *Mol. Sci.*, 19, 70.
26. Litwiniuk, M., Krejner, A., Speyrer, M.S., Gauto, A.R., Grzela, T. Hyaluronic Acid in Inflammation and Tissue Regeneration. 2016. *Wounds*, 28, 78–88.
27. Спосіб інгаляційної озонотерапії: пат. на КМ України № 6133, МПК А61М 15/02, заявл. 04.10.2004, опубл. 15.04.2005, бюл. № 4.

28. Апарат для озонотерапії універсальний медичний: пат. на КМ України № 2398, МПК 7 А61Н 33/14. заявл. 01.07.2003, опубл. 15.03.2004, бюл. № 3.
29. Пристрій для отримання озono-кисневої суміші: пат. № 40990, МПК 7 А61М 15/02, А61Н 33/14. заявл. 26.12.2008, опубл. 27.04.2009, бюл. № 8.
30. Пристрій для озонотерапії: пат. на КМ України № 115044, МПК А 61 М 15/02, С 25 В 1/04, заявл. 21.11.2016, опубл. 27.03.2017, бюл. № 6.
31. Пристрій для воднево-киснево-озонової терапії: заявка на корисну модель. 202403785 МПК 7 А 61 М 15/02, С 25 В/04. заявл. 07.08.2024.

Trofimov I.L., Matveyeva O.L., Chumak V.L., Efimenko V.V., Levchenko S.V. DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR HYDROGEN-OXYGEN-OZONE THERAPY

The article provides an analysis of scientific literature on the influence of ozone, oxygen and molecular hydrogen, depending on the pathways of administration, at different levels organization of the organism in different pathological conditions, as well as discussing possible directions their joint use in medicine. It is established that the use systemic ozone therapy is effective in the treatment a wide range diseases, in particular diseases such as atherosclerosis, the effects of ischemic stroke, vegetative-vascular dystonia, migraine and diabetes, can be successfully controlled painlessly and without side effects due to ozone. Oxygen therapy is usually prescribed for respiratory and heart disease, effectively eliminates symptoms of respiratory failure and has a positive effect on the cardiovascular system. Hydrogen therapy gives positive antiapoptous, anti-allergic effects, and stimulates energy metabolism. In this case, the side effects are extremely insignificant even with the introduction high hydrogen concentrations into the body, which allows you to speak about safety and no contraindications to the use of hydrogen therapy. The designed utility model of the device for hydrogen-oxygen-ozone therapy, which belongs to the chemical technologies of medicinal substances and medical devices, namely for medical equipment for hydrogen-oxygen-oxygen-ozonic inhalation and can be used in medicine and clinical practice, which has been treated, has been used for treatment. The proposed device can significantly expand its functionality for use in various methods of treatment with the help of hydrogen-oxygen-ozone therapy. The device allows to saturate with hydrogen saline solutions found in sealed sterile plastic bags, to saturate aqueous solutions with hydrogen, to use a hydrogen-oxygen-ozonic mixture for flowing, the use of ozone or hydrogen water or oil in bapneosonotherapy. The projected device can be used in complex treatment and prevention of many diseases.

Key words: medical equipment, treatment, molecular hydrogen, hydrogen therapy, oxygen therapy, ozone therapy, inhalation, utility model.