

**Лабораторное оборудование для применения озонных технологий  
в биологии и медицине**В.Д. Зинченко<sup>1</sup>, В.И. ГОЛОТА<sup>2</sup>, Е.А. СУХОМЛИН<sup>2</sup>, Г.В. ТАРАН<sup>2</sup>, И.А. БЕЛЫХ<sup>1</sup><sup>1</sup>Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, г. Харьков<sup>2</sup>Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт"**Laboratory Equipment for Ozone Techniques Application  
in Biology and Medicine**V.D. ZINCHENKO<sup>1</sup>, V.I. GOLOTA<sup>2</sup>, E.A. SUKHOMLIN<sup>2</sup>, G.V. TARAN<sup>2</sup>, I.A. BELYKH<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy  
of Sciences of the Ukraine, Kharkov<sup>2</sup>National Science Center Kharkov Institute of Physics and Technology

Описаны генератор озона для проведения медико-биологических экспериментов с использованием озонных технологий и камера для обработки различных предметов озонированными растворами с ультразвуком. В генераторе озона применена разрядная трубка безбарьерного типа, которая устойчиво работает при повышенной влажности пропускаемого через нее газа. При работе с чистым кислородом генератор озона обеспечивает концентрацию озона в озono-кислородной смеси до 20 мг/л, при работе с воздухом – до 8 мг/л. Величина газового потока через разрядную трубку 0,1-6 л/мин. Оборудование может быть использовано для насыщения озонem различных растворов, проведения экспериментов по стимулирующему действию на биологические объекты малых доз озона и для стерилизации различных предметов высокими дозами озона. Применение описанного оборудования иллюстрируется экспериментом по стимуляции роста малыми дозами озона микроорганизмов.

**Ключевые слова:** озон, генераторы озона, биологическое действие озона, озонотерапия, стимуляция процессов жизнедеятельности.

Описано генератор озону для проведения медико-біологічних експериментів з використанням озонних технологій і камера для обробки різних предметів озонуваними розчинами з ультразвуком. У генераторі озону застосована розрядна трубка безбар'єрного типу, яка стало працює при підвищеній вологості газу, що пропускається крізь неї. При роботі з чистим киснем генератор озону забезпечує концентрацію озону в озono-кисневій суміші до 20 мг/л, при роботі з повітрям – до 8 мг/л. Величина газового потоку крізь розрядну трубку 0,1-6 л/хв. Обладнання може бути використано для насичення озонem різних розчинів, для проведення експериментів по стимулюючій дії на біологічні об'єкти малих доз озону і для стерилізації різних предметів високими дозами озону. Застосування описаного обладнання ілюструється експериментом по стимуляції росту мікроорганізмів малими дозами озону.

**Ключові слова:** озон, генератори озону, біологічна дія озону, озонотерапія, стимуляція процесів життєдіяльності.

There has been described an ozone generator for medical and biological experiments using ozone technologies and the chamber for different objects treatment with ozonized solutions and ultrasound. In ozone generator a barrier-free discharge tube is applied, which is perfectly operating at an increased humidity of gas passing through. While working with pure oxygen the generator provides ozone concentration in ozone-oxygen mixture of up to 20 mg/ml, when working with air this index makes up to 8mg/l. Value of gas flow through a discharge tube is 0.1 to 6 l/min. The equipment can be used for ozone saturation of a number of solutions, in the experiments on studying the stimulating effect of ozone low doses on biological objects and for various objects sterilization using its high doses. Application of the equipment described is illustrated by the experiment of microorganisms' growth stimulation by low doses of ozone.

**Key-words:** ozone, ozone generators, biological effect of ozone, ozone therapy, stimulation of life activity processes.

В последнее время на основании экспериментальных и клинических исследований было установлено, что озон в малых концентрациях (порядка 100 мг/м<sup>3</sup>) действует как терапевтическое средство. Он проявляет иммуномодулирующее, противовоспалительное, бактерицидное, вирулицидное, фунгицидное, анальгизирующее и ряд других действий [6, 7, 9]. После открытия указанных свойств озона в разных странах стали разрабатывать методики для применения озона в лечебных целях и производить аппараты озон-

**Адрес для корреспонденции:** Зинченко В.Д., Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, ул. Перяславская, 23, г. Харьков, Украина 61015; тел.:+38 (057) 373-31-41, факс: +38 (057) 373-30-84, e-mail: cryo@online.kharkov.ua

Basing on experimental and clinical studies ozone in low concentration (about 100mg/m<sup>3</sup>) was recently found to act as a therapeutic mean. It shows an immune modulating, anti-inflammatory, anti-bacterial, anti-viral, fungicide, analgesic effect and a number of other [6, 7, 9]. Having discovered the mentioned ozone properties many countries started producing the ozone therapy devices and elaborating ozone application methods for therapeutic purposes. Germany produces "Ozonosan" equipment (Dr. Hansler GmbH Ozonosan) and "Ozon C-90" (Zotzman&Stahl GmbH). German experts are

**Address for correspondence:** Zinchenko V.D., Institute for Problems of Cryobiology&Cryomedicine of the Natl. Acad. Sci. of Ukraine, 23, Pereyaslavskaya str.,Kharkov, Ukraine 61015; tel.:+380 57 373 3141, fax: +380 57 373 3084, e-mail: cryo@online.kharkov.ua

терапии. В Германии выпускаются аппараты "Ozonosan" фирмы Dr. Hansler GmbH Ozonosan и "Ozon C-90" фирмы Zotzman&Stahl GmbH. Немецкие специалисты считаются пионерами в области исследования возможностей применения озона в медицине и разработке озонаторного оборудования медицинского назначения. Польская фирма "Стуо Metrum" выпускает медицинские озонаторы АТО<sub>3</sub>. В Италии медицинское озонаторное оборудование производит фирма "Multi-ossigen". В России на ряде предприятий разрабатывается и серийно выпускается озонаторное оборудование медицинского назначения, которое сертифицировано и внесено в реестр Министерства здравоохранения России. Это озонаторы "УОТА-60-01" (фирма "Медозон" – г. Москва), "АОТ-Н-01-Арз-01/1" (г. Арзамас-16), "АОТ-НСК-01-С(Ф-16)" (Всероссийский федеральный центр – Всероссийский НИИ экспериментальной физики), "А-с-ГОКСф-5-02-ОЗОН" (ОАО "ЛЕПСЕ", г. Киров). В Нижнем Новгороде Военно-медицинский институт федеральной пограничной службы России и Нижегородский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии МЗ РФ разработали медицинский озонатор для применения в полевых условиях [3].

Как видно из приведенного перечня, на рынке в настоящее время имеется достаточно много озонаторного оборудования медицинского назначения. В практической медицине аппараты озонотерапии используются для насыщения озоном воды и физиологического раствора, для обработки газообразным озоном открытых поверхностей и открытых полостей, ран, ожогов, крови (большая и малая аутогемотерапия), для озонирования масел [6, 7, 9]. К медицинским озонаторам предъявляются требования чистоты и стабильности потока озono-кислородной смеси, стабильности концентрации озона. В медицинских озонаторах, как генераторы озона, используются разрядные трубки барьерного типа. Для нормальной работы такой разрядной трубки через нее следует пропускать достаточно хорошо осушенный газ [2, 5].

В связи с описанными в литературе эффектами стимуляции биологических процессов малыми дозами озона возникает интерес к исследованию возможностей применения озона в различных биотехнологиях. Такие исследования ведутся нами в области криобиологии и для этой цели разработан комплекс соответствующего оборудования. В криобиологии можно выделить два аспекта применения озонных технологий: 1) использовать озон в малых дозах как агент стимуляции процессов жизнедеятельности биологических объектов после проведения технологического цикла криоконсервирования; 2) высокие дозы озона

known as pioneers in the trend of ozone and its equipment application in medicine. Polish "Cryo Metrum" company produces АТО<sub>3</sub> ozonators. In Italy medical ozonator equipment is produced by "Multi-ossigen". In a number of factories in Russia there has been elaborated and serially produced ozone equipment for medical purposes being certified and registered by Ministry of Health Care of Russia. These are "UOTA-60-01" ozonators ("Medozon", Moscow), "AOT-N-01-Arz-01/1" (Arzamas-16), "AOT-NSK-01-S(F-16)" (All-Russian Federal Center All-Russian R&D Institute for Experimental Physics), "A-s-GOKSf-5-02-OZON" ("LEPSE" Ltd, Kirov). Military-Medical Institute of Federal Border Service in Nizhniy Novgorod jointly with R&D Institute of Traumatology and Orthopedy of the Ministry of Health Care of Russia have elaborated the medical ozonator to be used for field conditions.

As is it seen from the list enumerated, there is quite a lot of ozonator equipment for medical use in the market at the moment. Ozone therapy devices in practical medicine are used to enrich water and physiological solutions with ozone, to treat the open surfaces and areas, wounds, burns, blood (auto-hemotherapy) by gas-like ozone, for oils ozonation [6, 7, 9]. Medical ozonators are required to have the flow purity of ozone-oxygen mixture, ozone concentration stability. In medical ozonators as ozone generator the barrier type discharge tubes are used. For normal functioning of such a discharge tube one should pass quite a dissicated gas through it.

In terms of the described in literature stimulating effects of biological processes with ozone low doses it is of interest to study the possibilities of ozone application in a number of biotechnologies. Such a research is being done by us in cryobiology and therefore a complex of special equipment was elaborated. In cryobiology we can underline the two aspects for such technologies application: 1) ozone usage in low doses as a stimulation agent for biological objects activity after completing the technological cycle of cryopreservation; 2) high doses of ozone are reasonable to be used for sterilization technologies of cryobiological equipment. Nowadays the problem of biological material sterility at different cryopreservation steps is paid attention to. A number of organisms are capable of surviving the liquid nitrogen temperature and could cause contamination of cryopreserved material [8, 10]. Gas-like ozone is convenient to be used for sterilization of large sterile low temperature storehouses, containers and other cryobiological equipment, which is not allowed to be sterilized by heating.

In our first experiments we used ozonators with barrier-type reactors, similar to those applied in ozone-therapy devices [1]. When working in re-circulation regimen of ozone-air mixture such ozonators were

перспективно использовать для разработки технологий стерилизации криобиологического оборудования.

Проблеме стерильности биологического материала на разных стадиях криоконсервирования уделяется большое внимание. Установлено, что многие микроорганизмы способны переносить температуру жидкого азота и служить причиной контаминации криоконсервированного материала [8, 10]. Озон в газовой фазе удобно использовать для стерилизации больших низкотемпературных хранилищ, контейнеров и другого криобиологического оборудования, которое нельзя стерилизовать нагреванием.

В первых экспериментах мы использовали озонаторы с реакторами барьерного типа, подобными тем, которые применяются в аппаратах озонотерапии [1]. При работе в режиме рециркуляции озono-воздушной смеси такие озонаторы оказались достаточно чувствительными к влажности воздуха. Пропускание через разрядную трубку рабочего газа, содержащего пары воды, приводило к электрическому пробоев в разрядной трубке, что вызывало необратимые повреждения в ней. Более надежными при работе с рабочим газом, содержащим пары воды, оказались генераторы озона с реакторами безбарьерного типа. Нами были построены лабораторный генератор озона с плазмохимическими реакторами безбарьерного типа и камера для обработки различных объектов озоном в газовой фазе и озонированными растворами. Были также изготовлены проточные газовые кюветы для измерения концентрации озона в газовой фазе методом спектрофотометрии.

Следует отметить существенные преимущества генераторов озона безбарьерного типа по сравнению с традиционными генераторами: возможность синтеза озона из обычного воздуха (без его специального высушивания); при срыве работы в результате случайных электрических пробоев реактор не повреждается, а происходит самостоятельный возврат озонатора к рабочему режиму; проточная часть плазмохимических реакторов имеет низкое газодинамическое сопротивление, так как в таких генераторах большой межэлектродный промежуток; технологичны в изготовлении – не требуется прецизионной обработки электродов реакторов; компактны и имеют модульную структуру, что позволяет оперативно создавать установки необходимой производительности.

Безбарьерная озонаторная установка медико-биологического назначения включает отдельные функциональные блоки, которые связаны между собой в единую технологическую схему (рис. 1).

found to be quite susceptible to an air humidity. Working gas while passing through the discharge tube, containing water vapors caused the electric break in a discharge tube, that resulted in irreversible impairments in it. Barrier-free reactors in ozone generators occurred to be more reliable when operating with water vapors-containing working gas. We designed the laboratory ozone generator with barrier-free plasmochemical reactors and a chamber for ozone (gas form) and ozone solutions treatment of various objects. There were also produced the flow gas cuvettes to measure ozone concentration in a gas phase by spectrophotometry.

One should note considerable advantages of barrier-free ozone generators comparing to the traditional ones: possibility of ozone synthesis of an air (without its special dissection); during failures as a result of accidental electrical break-downs the reactor is kept undamaged, while ozonator returns to the working regimen; flow part of plasmochemical reactors has low gas-dynamic resistance, as such generators has a high inter-electrode distance; easy production. No precise treatment of electrode reactor is needed; have compact and module structure, that enables an operative construction of equipment of the required effectiveness.

Barrier-free ozoning equipment for medical and biological purposes comprises separate functional blocks which are united into a technological scheme (Fig. 1).

High voltage of direct current is characteristic for barrier-free ozonators. This greatly simplifies the design of high voltage power supply and reduces the parameters of mass and dimensions and, correspondingly, ozonator in the whole. This statement is true, as when producing the current sources for barrier-free ozonators the voltage transformation at high

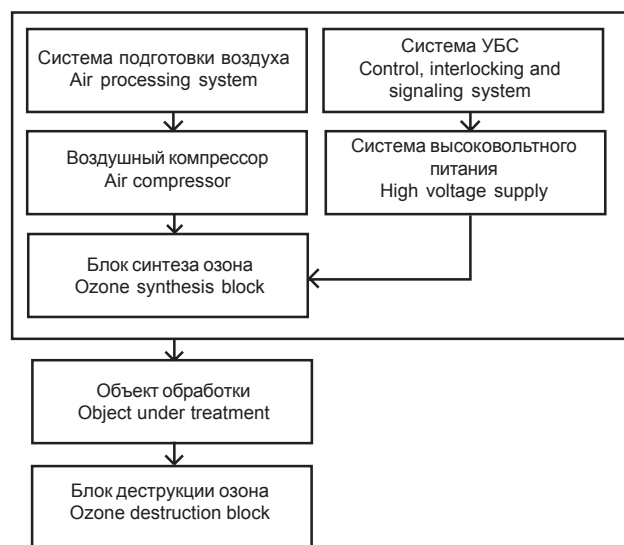


Рис. 1. Блок-схема безбарьерной озонаторной установки.  
Fig. 1. Block-scheme of barrier-free ozonatory device.

Особенностью безбарьерных озонаторов является то, что они питаются высоковольтным напряжением постоянного тока. Это значительно упрощает конструкцию высоковольтного источника питания и уменьшает его массогабаритные показатели, а соответственно и озонатора в целом. Данное утверждение справедливо потому, что при разработке источников питания безбарьерных озонаторов возможно преобразование напряжения на высоких частотах (порядка 20-50 кГц), а напряжение на вторичной обмотке трансформатора может составлять несколько киловольт с последующим умножением каскадным множителем напряжения. Это значительно уменьшает габариты высоковольтного трансформатора. По нашим данным, наиболее приемлемой схемой преобразователя напряжения является схема полумостового квазирезонансного инвертора, который обладает "мягкой" нагрузочной характеристикой, малыми потерями в дросселе колебательного контура и даже без специальных мер защиты обеспечивает надежную работу во всех режимах: от тока холостого хода до короткого замыкания [5].

Рассмотрим характеристики безбарьерного озонатора, применяемого для медицинских и биологических целей. Как известно, при малых скоростях потока рабочего газа (до 20 см/с) кинетика синтеза озона описывается уравнением Беккера [6] для идеального смешивания в реакторе, когда концентрации веществ, которые реагируют, выравниваются по всему объему реактора за счет диффузии:

$$\frac{[O_3]}{[O_2]} = \left( k_0 \frac{W}{Q} \right) \left( 1 + k_1 \frac{W}{Q} \right),$$

где  $O_3$  – концентрация озона на выходе озонатора;  $O_2$  – концентрация кислорода;  $k_0$  – отношение константы образования озона к выходной концентрации кислорода;  $k_1$  – сумма констант синтеза и диссоциации озона;  $W$  – мощность, вложенная в разряд;  $Q$  – расход газа [4].

Из рис. 2 видно, что при малом энергокладе в единицу объема газа концентрация озона на выходе реактора растет линейно в зависимости от удельной мощности в диапазоне концентраций от 0 до 3 г/м<sup>3</sup>. Однако при более высоких значениях энергоклада (и более высоких концентрациях озона) синтез протекает с большими энергозатратами и не описывается уравнением Беккера. Это связано с тем, что при увеличении расхода газа часть энергии, которая отводится стенкой реактора в окружающую среду, уменьшается, а часть, которая выносится из разряда газовым потоком, увеличивается. При скорости газового потока больше 20 см/с теплообмен со стенкой реактора уменьшается и почти вся энергия

frequencies (about 20-50kHz) is possible, while secondary winding voltage may only make a few kilovolts being multiplied then by a cascade voltage multiplier. This considerably reduces high-voltage transformer dimensions.

According to our data the most appropriate voltage transformer scheme is half-bridge quasi-resonance inverter of a "mild" loading characteristics, low losses in oscillating contour throttle and even without specific protective measures provides a reliable work for all the regimens: from no-load current to a permanent loop [5].

Here are the characteristics of barrier-free ozonator used for medical and biological purposes. At low rates of working gas flow (upto 20 cm/s) ozone synthesis kinetics is known to be described by Bekker's equation [6] for an appropriate mixing in reactor when the concentrations of reacting substances are leveled along the entire volume of reactor due to diffusion:

$$\frac{[O_3]}{[O_2]} = \left( k_0 \frac{W}{Q} \right) \left( 1 + k_1 \frac{W}{Q} \right),$$

where  $O_3$  ozone concentration at an ozonator outlet;  $O_2$  oxygen concentration;  $k_0$  – ratio of ozone synthesis to output oxygen concentration;  $k_1$  – sum of ozone synthesis and dissociation constants;  $W$  – power put out to discharge;  $Q$  – gas consumption [4]

Fig. 2 shows that at low energy contribution into a unit of gas volume ozone concentration at reactor output grows linearly depending on a specific power within the concentration range 0 to 3 g/m<sup>3</sup>. Although at higher energy contribution indices (and higher ozone concentrations) synthesis occurs with more energy

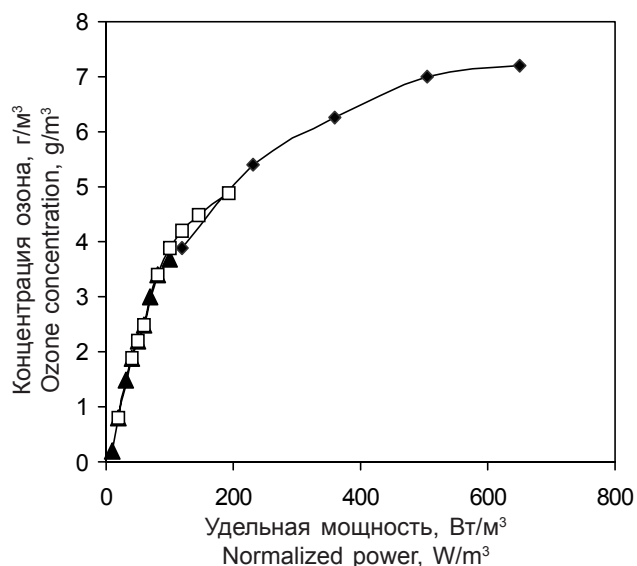


Рис. 2. Зависимость концентрации озона от удельной мощности в генераторе безбарьерного типа при различных потоках газа, м<sup>3</sup>/ч: ◆ – 0,03; □ – 0,36; ▲ – 0,18.

Fig. 2. Ozone concentration dependence upon specific power in barrier-free generator at different gas flow, m<sup>3</sup>/hr: ◆ – 0.03; □ – 0.36; ▲ – 0.18.

выносятся из реактора потоком газа. Критическая скорость газового потока объясняется наличием “электрического ветра”, который образуется в результате взаимодействия положительных ионов с нейтральными молекулами газа и служит эффективным переносчиком энергии на стенки разрядной камеры. Увеличение скорости газа приводит к уменьшению в общем потоке газа доли молекул, которые под влиянием “электрического ветра” осуществляют направленное движение вдоль разрядного промежутка и достигают катода. Представленную на рис. 2 зависимость концентрации озона от удельной мощности мы использовали для выбора оптимального режима работы генератора озона.

Технические характеристики разработанного озонатора для применения в биологии и медицине представлены ниже: производительность по озону – до 1 г/ч; массовая концентрация озона – до 20 мг/л (на кислороде), до 8 мг/л (на воздухе); расход рабочего газа – 1-6 л/мин; энергозатраты на 1 г озона – 25 Вт·ч; рабочее напряжение – 12 кВ; режим работы – долговременный, не менее 6 ч непрерывной работы; потребляемая мощность – не более 50 Вт; напряжение питания – 220±20 В; охлаждение – воздушное; габариты – 500×470×170 мм; масса – 6 кг.

На рис. 3 представлен озонатор в открытом и закрытом виде. Конструкция генератора озона позволяет использовать его как базовую модель для переносного медицинского аппарата озонотерапии, а также получать озono-кислородную смесь.

Концентрация озона может плавно регулироваться. Генератор озона устойчиво работает при относительной влажности воздуха до 80%. Описанный озонатор сопрягается с герметичной камерой и может применяться для обработки биологических объектов, стерилизации инструмента и криобиологического оборудования. На рис. 4 показан внешний вид камеры для обработки различных материалов озонном.

Камера позволяет проводить стерилизацию медицинского инструмента газообразным озонном или использовать насыщенные озонном водные растворы. В камере имеется фланец для установки ультразвукового излучателя от ультразвукового диспергатора УЗДН-1. При возбуждении в озонированной жидкости ультразвуковых колебаний эффективность нейтрализации микроорганизмов возрастает. Озоновые методы стерилизации могут быть эффективными для обработки в тех случаях, когда невозможна стерилизация криобиологического оборудования нагревом.

Рассмотрим пример применения разработанного нами оборудования для исследования действия малых доз озона на кинетику роста бактерий

consumption and is not described by Bekker’s equation. This is associated with the fact that when increasing gas consumption the amount of energy directed by a reactor wall into an environment is decreasing, while the one which is taken from a discharge by a gas flow, increases. Critical gas flow rate is described by the presence of “electric wind” being formed as a result of positive ions interaction with neutral gas molecules and is an effective energy transporter to the discharge chamber walls. Gas rate increase causes the reduction in part of molecules in the entire gas flow, which is affected by an “electric wind” directly move along the discharge space and reach cathode. Presented in Fig.2 ozone concentration dependence upon the specific power was used to search for an optimum working regimen of ozone generator.

Here we present technical characteristics of the designed ozonator which is to be applied in biology and medicine: capacity on ozone – up to 1g/hour; ozone mass concentration – up to 20 mg/l (on oxygen); up to 8 mg/l (on air); working gas consumption – 1-6 l/min; energy consumption per 1g of ozone – 25 W/hr; working voltage – 12 kV; working regimen – long term, not less than 6 hours of discontinued work; consumed power – not more than 50 W; current voltage – 220±20 V; cooling – air cooling; dimensions – 500×470×170 mm; weight – 6 kg.

Fig. 3 presents the open and closed images of the ozonator. Ozone generator design allows its use as a base model for a transportable ozone therapy medical device, as well as for obtaining the ozone-air mixture.

Ozone concentration can be smoothly regulated. In this case ozone generator is constantly functioning at a relative air humidity of up to 80%. Described ozonator is adjusted to a sealed chamber and can be used for biological objects treatment, instruments and cryobiological equipment sterilization. Fig. 4 shows the chamber for different materials treatment with ozone.

The chamber allows to sterilize medical equipment by ozone and also use ozone-saturated aqueous solutions. The chamber contains an ultrasonic vibrator

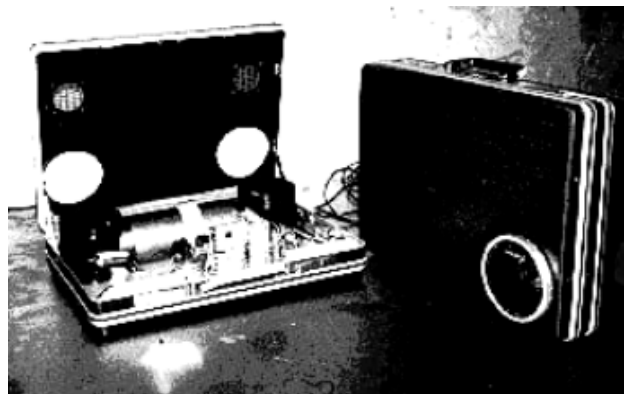


Рис. 3. Озонатор для медицинских и биологических целей.

Fig. 3. Ozonator for medical and biological purposes.

*Escherichia coli*. Бактерии выращивали на мясо-пептонном агаре при 37°C в течение 6 ч. Дозированное количество озона вводили в ростовую среду. Для этого использовали физиологический раствор с растворенным в нем озоном известной концентрации, которую определяли спектрофотометрическим методом, измеряя при помощи спектрофотометра Specord UV VIS экстинцию на полосе поглощения озона (247,3 нм) [2]. Кинетику роста бактерий наблюдали путем регистрации оптической плотности ростовой среды с помощью колориметра КФК-2-УХЛ-4.2. Линейная фаза роста наступала через 4-5 ч после помещения культуры бактерий в ростовую среду. Время выхода кинетической кривой роста на линейную фазу зависело от концентрации добавленного озона (таблица).

Оптическая плотность, как известно, является показателем концентрации клеток в ростовой среде. При малых дозах озона (0,062 мг/л и меньше) оптическая плотность исследуемых образцов в пределах погрешности эксперимента не отличается от оптической плотности контрольного образца бактерий, не обработанных озоном. Эффект стимуляции роста бактерий наблюдается при дозах озона 0,12 и 0,35 мг/л. Доза озона 0,57 мг/л вызывает угнетение роста бактерий. Угнетающее действие больших доз озона на различные микроорганизмы является достаточно известным фактом. Стимулирующее действие малых доз озона на биологические системы исследовано значительно меньше. Эффект стимулирующего действия малых доз озона на биологические системы может представлять практический интерес для различных биотехнологий и может быть реализован при помощи разработанного оборудования.

В безбарьерном объемном разряде возможен эффективный синтез озона малой и средней

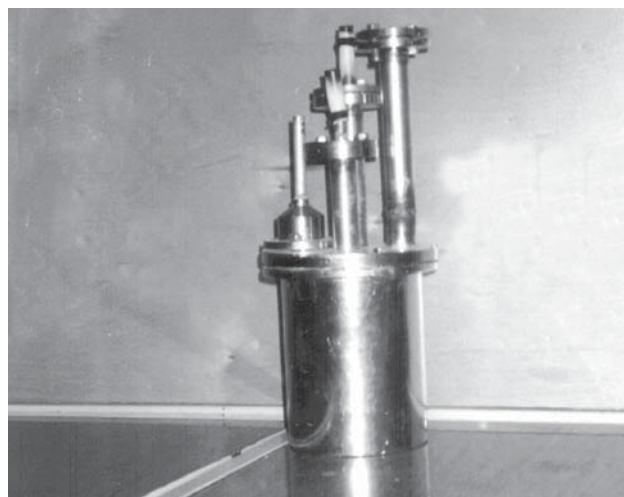


Рис. 4. Камера для обработки биологического материала и медицинских инструментов озонно-кислородной смесью в газовой фазе или озонированными жидкостями.

Fig. 4. Chamber for biological material and medical instruments treatment with ozone-oxygen mixture in a gas phase or ozonized fluids.

adjusting flange of UZDN-1 ultrasound powder dispenser. While stimulating ultrasound oscillations in an ozone-treated fluid the microorganisms neutralization efficacy is increasing. Ozone-sterilization methods are thought to be effective for cryobiological equipment treatment when heat-sterilization is impossible.

Here is the example of elaborated by us equipment for investigating small ozone doses on growth kinetics of *Escherichia coli* bacteria. Bacteria were grown in beef-extract broth at 37°C during 6 hours. Dosed ozone amount was introduced into a growth medium. With this aim there was used physiological solution with diluted in it ozone of known concentration, determined spectrophotometrically (Specord UV VIS spectrophotometer) [2] by measuring the extinction in ozone absorption band. Bacteria growth kinetics was found by optic density recording in a growth medium using KFK-2-UKhL-4.2 colorimeter. Linear growth phase started in 4-5 hours after placing bacteria cultures into a growth medium. Time of reaching the kinetic growth curve depended upon the concentration of ozone added (Table).

Optical density is known to be the cell concentration index in a growth medium. At small ozone doses (0.062 mg/l and less) within the error limits it does not differ on optic density in the control bacteria sample non-treated with ozone. Effect of bacteria growth stimulation is noted at ozone doses of 0.12 and 0.35 mg/l. Ozone dose of 0.57 mg/l causes the suppression of bacteria growth. Inhibiting effect of high ozone doses on a number of

Значения оптической плотности суспензии бактерий *Escherichia coli* в мясо-пептонном агаре на линейной фазе роста  
Values of optical density for *Escherichia coli* suspension in beef-extract broth on a linear growth phase

Концентрация озона, мг/л Ozone concentration, mg/l	Время роста культуры, ч Growth time of culture, hour	Оптическая плотность, усл. ед. Optical density, rel. units
Контроль (без озона) Control (no ozone)	4	1,2±0,02
0,013±0,0015	4	1,2±0,02
0,062±0,01	4	1,2±0,02
0,12±0,01	4,5	1,4±0,03
0,35±0,02	5	1,5±0,04
0,57±0,013	4,5	1,18±0,01

концентрации из обычного воздуха без специального его осушения.

## Выводы

Таким образом, разработаны и изготовлены генератор озона и камера для обработки озоном различных предметов. Оборудование может быть использовано для насыщения озоном растворов, проведения экспериментов по стимулирующему действию малых доз озона на биологические объекты и для стерилизации медицинского оборудования высокими дозами озона.

## Литература

1. Зинченко В.Д., Кадникова Н.Г., Ковальчук И.М., Грек А.М. Стерилизация оборудования для криобиологических технологий с помощью озона // Пробл. криобиологии.– 2001.– №1.– С. 86-87
2. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона.– М.: Изд-во МГУ, 1998.– 480 с.
3. Озонотерапия боевой хирургической травмы: Метод. рекомендации.– Нижний Новгород, 2002.– 35с.
4. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов В.К. Физическая химия барьерного разряда.– М.: Изд-во МГУ, 1989.– С. 42-49.
5. Филиппов Ю.В., Вобликова В.А., Пантелеев В.И. Электросинтез озона.– М.: Изд-во МГУ, 1987.– 326 с.
6. Bocci V. *Biological and clinical effects of ozone. Has ozone therapy a future in medicine?* // Brit. Biomed. Sci.– 1999.– Vol. 56, N4.– P. 277-279.
7. Bocci V. *Oxygen-Ozone Therapy. A Critical Evaluation by Velio Bocci.*– Dordrecht Hardbound (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers, 2000.– 468 p.
8. Letur-Konirsch H., Collin G., Sifer C. et al. Safety of cryopreservation straws for human gametes or embryos: a study with human immunodeficiency virus-1 under cryopreservation conditions // Hum. Reprod.– 2003.–Vol. 18.– P. 265-270.
9. Rilling S., Viebahn R. *The Use of Ozone in Medicine.*– New York: Haug, 1987.– 214 p.
10. Tedder R., Zuckerman M., Goldstone A. et al. Hepatitis B transmission from a contaminated cryopreservation tank // Lancet.– 1995.– Vol.346.– P. 137-140

Поступила 19.11.2004

microorganisms is a well known fact. Stimulating effect of low ozone doses on biological systems may be of practical interest for various biotechnologies and may be realized using the produced by us equipment.

Thus in barrier-free volumetric discharge there is possible effective ozone synthesis of low and high concentration from an air with no requirement for its special dehydration. Specific energy consumption for ozone synthesis makes about 25W per 1 g of ozone.

## Conclusions

Thus we designed and produced the ozone generator and a chamber for ozone treatment of a number of objects. The equipment can be used for ozone saturation of solutions, experiments of a stimulating effect of low ozone doses on biological objects and also for medical equipment using high ozone doses.

## References

1. Zinchenko V.D., Kadnikova N.G., Kovalchuk I.M., Grek A.M. Equipment sterilization for cryobiological technologies using ozone // Problems of Cryobiology.– 2001.– N1.– P. 86-87.
2. Lunin V.V., Popovich M.P., Tkachenko S.N. Physical chemistry of ozone.– Moscow: Moscow State University.– 1998.– 480 p.
3. *Ozone therapy of fighting surgical trauma: Methodical recommendations.*– Nizhny Novgorod, 2002.– 35 p.
4. Samojlovich V.G., Gibalov V.I., Kozlov V.K. Physical chemistry of a barrier discharge.– Moscow: Moscow State University.– 1989.– P. 42-49.
5. Filippov Yu.V., Voblikova V.A., Pantelееv V.I. Electrosynthesis of ozone.– Moscow: Moscow State University, 1987.– 326 p.
6. Bocci V. *Biological and clinical effects of ozone. Has ozone therapy a future in medicine?* // Brit. Biomed. Sci.– 1999.– Vol. 56, N4.– P. 277-279.
7. Bocci V. *Oxygen-Ozone Therapy. A Critical Evaluation by Velio Bocci.*– Dordrecht Hardbound (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers, 2000.– 468 p.
8. Letur-Konirsch H., Collin G., Sifer C. et al. Safety of cryopreservation straws for human gametes or embryos: a study with human immunodeficiency virus-1 under cryopreservation conditions // Hum. Reprod.– 2003.–Vol. 18.– P. 265-270.
9. Rilling S., Viebahn R. *The Use of Ozone in Medicine.*– New York: Haug, 1987.– 214 p.
10. Tedder R., Zuckerman M., Goldstone A. et al. Hepatitis B transmission from a contaminated cryopreservation tank // Lancet.– 1995.– Vol.346.– P. 137-140.

Accepted in 19.11.2004