

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОАГУЛЯЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ МЕТОДОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНО-ОЗОНОВОЙ ПЛАЗМОЙ

Котов М.А.

*ООО «Атомтехсервис», Димитровград, e-mail: m.kotov@ozonesurge.ru*

Современным направлением в медицинской физике, приборостроении и хирургии является разработка новых эффективных и безопасных способов гемостаза при выполнении хирургических операций. В настоящее время для этих целей применяются различные классы электрохирургических аппаратов. Целью данного исследования являлась разработка способа коагуляции биологических тканей методом воздействия воздушно-озоновой плазмы. Для решения этих задач были поставлены три эксперимента, позволяющих определить влияние фактора времени и расстояния на эффективность коагуляции, а также экспериментальный метод коагуляции биологических тканей воздушно-озоновой плазмой. Критериями эффективности коагуляции были площадь и глубина коагуляционного некроза. При воздействии воздушно-озоновой плазмой в течение 5 сек. последовательно с расстояния 1, 5, 10 мм площадь некроза составила соответственно 6,58 мм, 7,16 мм, 7,06 мм, а глубина некроза – 1,15 мм, 1,11 мм, 0,7 мм. При воздействии воздушно-озоновой плазмой с расстояния 5 мм последовательно в течение 3, 7, 10 сек. площадь некроза составила соответственно 6,58 мм, 8,08 мм, 7,91 мм, а глубина некроза – 1,13 мм, 1,15 мм, 1,35 мм. При воздействии воздушно-озоновой плазмой с расстояния 3 мм в течение 10 сек. площадь некроза составила соответственно 8,16 мм, а глубина некроза – 1,55 мм, в то время как при воздействии электрокоагулятора площадь некроза составила соответственно 3,35 мм, а глубина некроза – 0,85 мм.

Ключевые слова: гемостаз, коагуляция, воздушно-озоновая плазма

## EXPERIMENTAL EVALUATION OF BIOLOGICAL TISSUE COAGULATION USING BY OZONE-AIR PLASMA

Kotov M.A.

*Atomtechservice LLC, Dimitrovgrad, e-mail: m.kotov@ozonesurge.ru*

The modern trend in medical physics, instrumentation and surgery is the development of new, effective and safe methods of hemostasis in surgical procedures. Currently, for these purposes there are different classes of electro-surgical devices. The aim of this study was to provide a process for the coagulation of biological tissues by exposure to the air-ozone plasma. To achieve the objectives of the experiment three were delivered, allowing to determine the effect of the time factor and the distance on the efficiency of coagulation, as well as to compare the experimental method of coagulation of biological tissue air-ozone plasma. The criteria for the effectiveness of coagulation were area and depth of coagulation necrosis. When exposed to air and ozone plasma for 5 seconds sequentially from a distance of 1.5, 10 millimeters necrosis area amounted to 6.58 mm, 7.16 mm, 7.06 mm and of necrosis depth - 1.15 mm, 1.11 mm and 0.7 mm. When exposed to air and ozone plasma from a distance of 5 mm consistently for 3, 7, 10 seconds necrosis area amounted to 6.58 mm, 8.08 mm, 7.91 mm and of necrosis depth - 1.13 mm, 1.15 mm, 1.35 mm. When exposed to air and ozone with plasma from a distance of 3 mm within 10 seconds respectively necrosis area was 8.16 mm, and the depth of necrosis - 1.55 mm, while under the influence electrocautery necrosis area was 3.35 mm, respectively, and the depth necrosis - 0.85 mm.

Keywords: hemostasis, coagulation, ozone-air plasma

Интраоперационное кровотечение является основной проблемой выполнения большинства хирургических операций, оно обусловлено травматическим повреждением кровеносных сосудов различного калибра [8]. С целью предотвращения кровотечения и остановки уже возникшего используются электрохирургические аппараты, основанные на применении высокочастотного электрического тока [1, 3]. Основной проблемой данных устройств является налипание тканей на активный электрод при осуществлении коагуляции. Особым классом аппаратов являются аргоноплазменные установки, в которых нет

непосредственного контакта электрода, а плазма выполняет функцию электрического проводника 2-го рода. Для получения плазмы используются инертные газы (в основном аргон), которые, ионизируясь под действием электрического дугового разряда, формируют плазменный факел, обладающий электропроводностью. Плазменные электрохирургические установки применяются в различных медицинских специальностях [2, 4, 5, 6, 7, 9] для остановки кровотечений, рассечения тканей, а также для лечения трофических язв мягких тканей и гнойных ран. В данной статье рассмотрена методика коагуляции тканей с использованием воздушно-озоновой плазмы (заявка на полезную модель Российской Федерации № 2016132171).

**Цель исследования:** разработать способ коагуляции биологических тканей воздушно-озоновой плазмой.

### **Задачи**

1. Макроскопическая оценка изменения площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой в зависимости от расстояния воздействия.
2. Макроскопическая оценка изменения площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой в зависимости от времени воздействия.
3. Сравнительная оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой и электрокоагулятором на основании макроскопических данных.

### **Материалы и методы**

**Оборудование.** Для решения указанных задач была поставлена серия экспериментов с использованием ряда приспособлений. Была создана экспериментальная установка, состоящая из прототипа модуля плазменной коагуляции биологических тканей портативного хирургического комплекса для ультразвуковой диссекции и плазменной коагуляции биологических тканей и штатива, на котором закреплен плазматрон. При помощи штатива возможно изменение расстояния от сопла плазматрона до предметного столика в пределах от 0 до 100 мм, при этом шаг составляет 1 мм. Также в штатив устанавливался электрод электрокоагулятора.

В качестве объекта исследования коагулирующих свойств воздушно-озоновой плазмы использовался трупный материал печени кролика. При этом использовались образцы массой 20 г и размерами: длина 20 мм, ширина 20 мм, высота 10 мм.

Для макроскопической оценки коагуляционного некроза, возникающего при воздействии воздушно-озоновой плазмой на объект исследования, использовались измерительные инструменты: кронциркуль и сантиметровая линейка длиной 15 см и ценой деления 1 мм (0,1 см).

**Дизайн исследования.** Для решения поставленных задач был разработан дизайн для трех экспериментов.

**Эксперимент № 1.** Макроскопическая оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой в зависимости от расстояния воздействия.

В качестве объекта исследования использовались образцы трупной печени кролика в количестве 18 штук – по 6 на каждый вариант расстояния воздействия. В этом эксперименте было задано 3 варианта расстояния от сопла плазматрона прототипа модуля плазменной коагуляции биологических тканей портативного хирургического комплекса для ультразвуковой диссекции и плазменной коагуляции биологических тканей: 1 мм, 5 мм, 10 мм. Время воздействия воздушно-озоновой плазмой на объект исследования в данном эксперименте оставалось постоянным и составляло 5 с. Результат воздействия воздушно-озоновой плазмой на трупный материал печени кролика оценивался при помощи измерения максимального размера участка некроза в горизонтальной плоскости и вертикальной плоскости. Затем для каждого из размеров (вертикального и горизонтального) вычислялось среднее значение.

**Эксперимент № 2.** Макроскопическая оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой в зависимости от времени воздействия.

В качестве объекта исследования использовались образцы трупной печени кролика в количестве 18 штук – по 6 на каждый вариант времени воздействия. В этом эксперименте было задано 3 варианта времени воздействия воздушно-озоновой плазмой на объект исследования: 3 с, 5 с, 10 с. Расстояние от сопла плазматрона прототипа модуля плазменной коагуляции биологических тканей портативного хирургического комплекса для ультразвуковой диссекции и плазменной коагуляции биологических тканей, на котором осуществлялось воздействие воздушно-озоновой плазмой на объект исследования, в данном эксперименте оставалось постоянным и составляло 5 мм. Результат воздействия воздушно-озоновой плазмой на трупный материал печени кролика оценивался при помощи измерения максимального размера участка некроза в горизонтальной плоскости и вертикальной плоскости. Затем для каждого из размеров (вертикального и горизонтального) вычислялось среднее значение.

**Эксперимент № 3.** Сравнительная оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой и электрокоагулятора на основании макроскопических данных.

В качестве объекта исследования использовались образцы трупной печени кролика в количестве 12 штук — по 6 на каждое воздействие (электрокоагуляция или воздействие воздушно-озоновой плазмой). В этом эксперименте было задано 2 варианта воздействия на

объект исследования: электрокоагуляция или воздушно-озоновая плазма. Расстояние от сопла плазматрона прототипа модуля плазменной коагуляции биологических тканей портативного хирургического комплекса для ультразвуковой диссекции и плазменной коагуляции биологических тканей и электрода электрокоагулятора, на котором осуществлялось воздействие на объект исследования, в данном эксперименте оставалось постоянным и составляло 3 мм. Время воздействия также оставалось постоянным и составляло 10 с. Результат воздействия воздушно-озоновой плазмой и электрической энергии на трупный материал печени кролика оценивался при помощи измерения максимального размера участка некроза в горизонтальной плоскости и вертикальной плоскости. Затем для каждого из размеров (вертикального и горизонтального) вычислялось среднее значение.

### **Результаты и их обсуждение**

Результаты экспериментов представлены ниже в виде таблиц и графиков.

**Эксперимент № 1.** Макроскопическая оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой в зависимости от расстояния воздействия.

**Таблица 1**

**Зависимость площади и глубины коагуляционного некроза от расстояния воздействия воздушно-озоновой плазмой**

№ п/п	Расстояние воздействия 1 мм		Расстояние воздействия 5 мм		Расстояние воздействия 10 мм	
	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм
1	7	1,1	7,5	1	7	0,5
2	6	1	8,9	1,3	7	0,6
3	6	0,9	8	1	9	0,7
4	7	1,5	7	1	6	0,8
5	7,5	1,1	7,5	1,3	6	0,8
6	6	1,3	8	1,1	7	0,8
Среднее значение	6,58	1,15	7,16	1,11	7	0,7

Зависимость площади и глубины некроза от расстояния воздействия

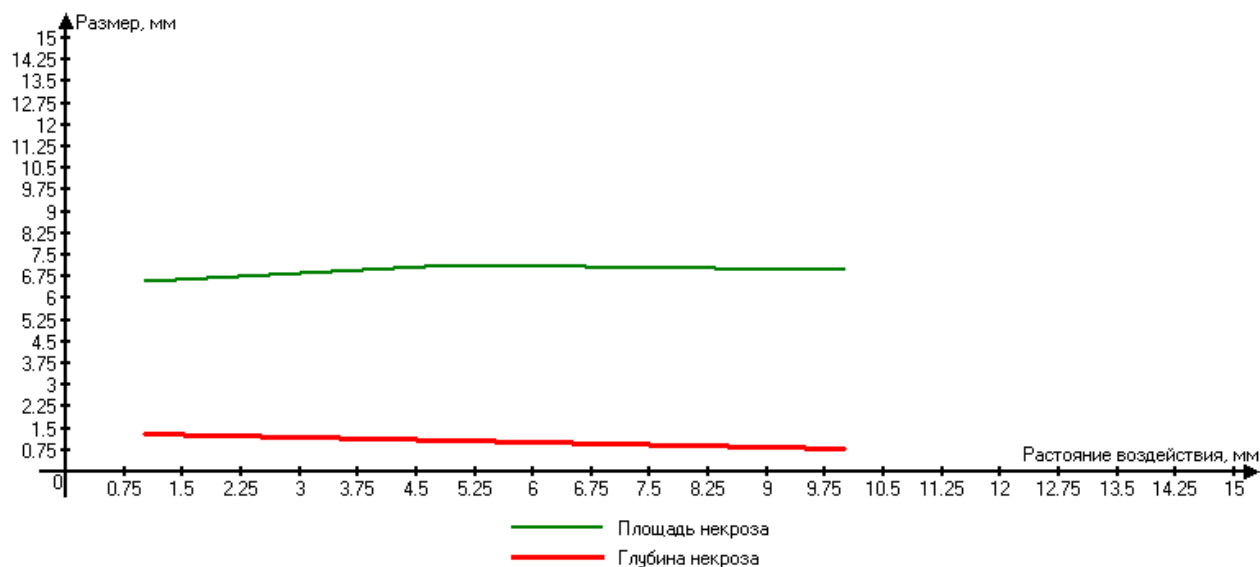


Рис. 1. График зависимости площади и глубины коагуляционного некроза от расстояния

Эксперимент № 2. Макроскопическая оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой в зависимости от времени воздействия.

Таблица 2

Зависимость площади и глубины коагуляционного некроза от времени воздействия воздушно-озоновой плазмой

№ п/п	Время воздействия 3 с		Время воздействия 7 с		Время воздействия 10 с	
	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм
1	7	1	8,5	1,1	7	1,0
2	8	1,1	8	1	8	1,5
3	4	1,1	7	1,1	7,5	1,5
4	6	1,1	8,5	1,1	8	1,3
5	8	1,3	9,5	1,5	8	1,3
6	6,5	1	7	1,1	9	1,5
<b>Среднее значение</b>	6,58	1,13	8,08	1,15	7,91	1,35

Зависимость площади и глубины некроза от времени воздействия

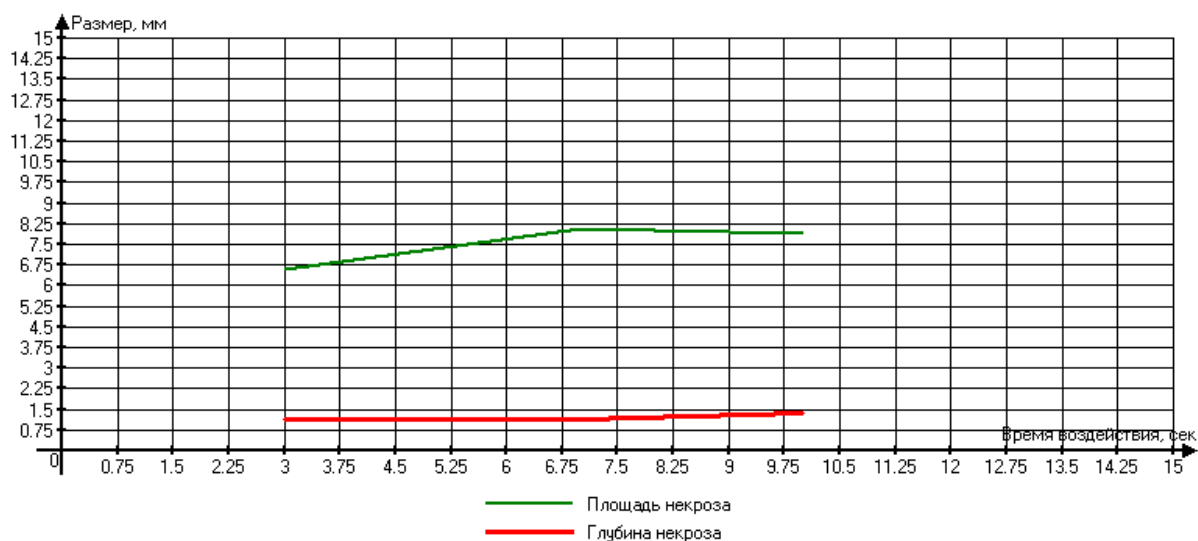


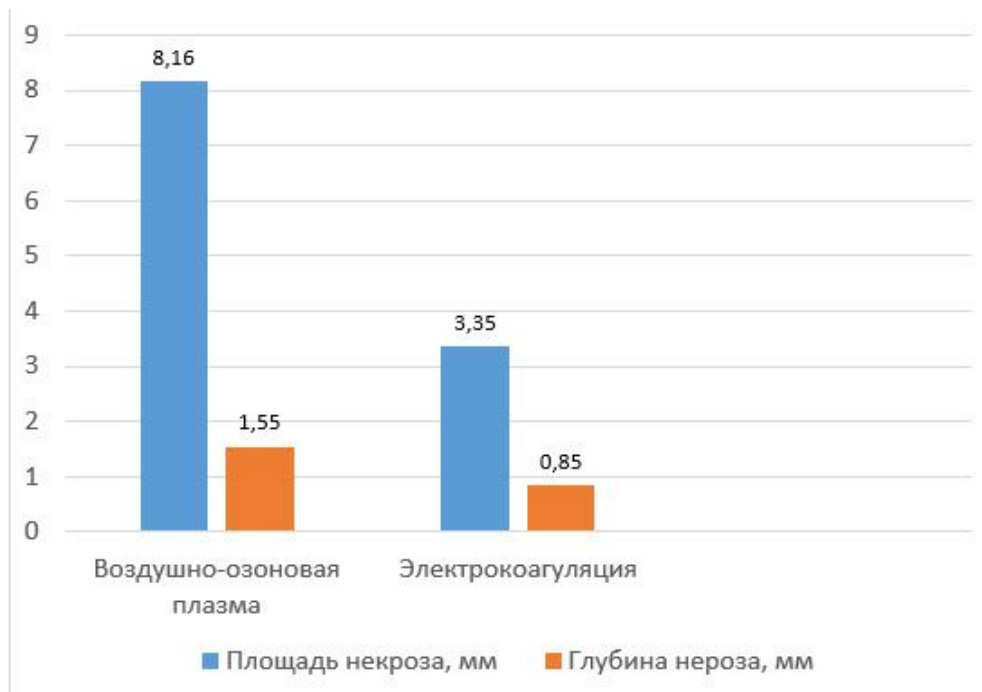
Рис. 2. График зависимости площади и глубины коагуляционного некроза от времени воздействия воздушно-озоновой плазмой на объект исследования (трупная печень кролика)

**Эксперимент № 3.** Сравнительная оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой и электрокоагулятором на основании макроскопических данных.

Таблица 3

**Сравнительная оценка площади и глубины некроза при воздействии воздушно-озоновой плазмой и электрокоагулятором**

№ п/п	Воздействие воздушно-озоновой плазмой		Воздействие электрокоагулятором	
	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм	Площадь некроза, мм	Глубина некроза, мм
1	9	2	3	0,7
2	8	2	3,5	1
3	7	1,5	3	1
4	8	1,4	3,1	0,8
5	9	1,2	3,5	0,9
6	8	1,2	4	0,7
<b>Среднее значение</b>	<b>8,16</b>	<b>1,55</b>	<b>3,35</b>	<b>0,85</b>



*Рис. 3. Диаграмма сравнительной оценки площади и глубины коагуляционного некроза от вида воздействия (воздушно-озоновая плазма или электрокоагуляция) на объект исследования (трупная печень кролика)*

### **Выводы**

1. При воздействии на ткань печени воздушно-озоновой плазмой площадь некроза находится в прямой зависимости от расстояния и времени воздействия, а глубина некроза находится в обратной зависимости от расстояния воздействия и в прямой зависимости от времени воздействия. При этом фактор времени оказывает большее влияние по сравнению с фактором расстояния воздействия.
2. Глубина некроза вне зависимости от времени и расстояния воздействия не превышает 3 мм (воздействие идет изнутри кнаружи).
3. Площадь некроза также ограничена расстоянием воздействия (рассеивание энергии плазменного луча).
4. При воздействии воздушно-озоновой плазмой слой угольного некроза возникает вторично, при этом площадь данного слоя находится в прямой зависимости от времени воздействия. При воздействии электрокоагулятором слой угольного некроза формируется первично.

### **Список литературы**

1. Авдошин В. П., Колесников Г. П., Пилипенко А. П., Новосельцев А. В., Кобяков Д. С. Морфологическая оценка эффективности лечения абсцесса почки лазерным и плазменным скальпелем в эксперименте // Вестник РУДН. Серия: Медицина, 2003. — № 3. — С. 99–102.
2. Бабич М.И. Применении аргоноплазменной коагуляции при видеоторакоскопическом лечении туберкулезного плеврита// Вестник неотложной и восстановительной медицины – 2012. — № 2. – С. 209–210.
3. Байрамкулов М.Д. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. М., 2004.
4. Дамбаев Г.Ц., Байков А.Н., Семичев Е.В., Шписман М.Н., Алейник А.Н., Денеко О.И., Бушланов П.С. Интраоперационные способы гемостаза при операциях на печени // Бюллетень сибирской медицины. — 2011. — № 4. — С. 89–92.
5. Зубрицкий В.Ф., Низовой А.В., Уракова Д.С., Фоминых Е.М., Исламов Р.Н. Сравнение различных способов некрэктомии в эксперименте // Кубанский научный медицинский вестник. — 2011. — № 2. — С. 67–69.
6. Pantelic M, Ljekar J, Devecerski G, Karadzic J. Energy systems in surgery. Med Pregl. 2015 Nov-Dec; 68(11-12):394-9.
7. Siow SL, Mahendran HA, Seo CJ. Complication and remission rates after endoscopic argon plasma coagulation in the treatment of haemorrhagic radiation proctitis. Int J Colorectal Dis. 2016 Aug 15.
8. Sutton C. Power sources in endoscopic surgery.Curr Opin Obstet Gynecol. 1995 Aug;7(4):248-56.
9. Tenda ED, Yakub A, Pitoyo CW, Fardizza F. Combination of bronchoscopic cryoextraction and argon plasma coagulation in treatment of total central airway obstruction caused by giant blood clot formation in massive airway bleeding. Respir Med Case Rep. 2016 Jun 13;19:9-11.