

**М.И. Дзюбенко, В.В. Маслов, В.П. Пелипенко, В.В. Шевченко, С.М. Пилипенко,  
С.Ю. Кавецкас, А.А. Ерохин, Л.П. Сорокин, И.А. Усов**

### **ЛАЗЕРНЫЙ ЛИТОТРИПТЕР “ЗОНД–1”**

Сообщается о разработке лазерного литотриптера для разрушения камней в мочеточнике и желчевыводящих путях. Источником мощного оптического излучения служит лазер на красителе G-283 с ламповой накачкой, генерирующий на длине волны 530 нм импульсы длительностью 1...2 мкс при частоте их следования 1...10 Гц и средней мощностью излучения до 2 Вт. Для транспортировки лазерного излучения применяется световод диаметром 400 мкм.

В наиболее развитых странах мира за последние годы наметилась тенденция поддержки научно-технических программ, целью которых является повышение жизненного уровня и здоровья человека. Благодаря этому новейшие достижения физики высоких энергий, физики сверхвысоких частот, квантовой радиофизики и т.п. находят все более широкое применение в различных областях экологии и медицины. В частности, когерентные источники оптического излучения – лазеры – уже давно применяются как для лечения и профилактики заболеваний человека, так и в многочисленных медико-биологических исследованиях.

Одним из перспективных направлений применения лазерного излучения в медицине является дробление камней во внутренних органах человека методом лазерной литотрипсии [1] без традиционного хирургического вмешательства. По сообщениям фирмы «Кандела лазер», которая разработала одну из первых промышленных установок для лазерной литотрипсии на основе лазера на красителях типа MDL-1, камни больного разрушаются импульсно-периодическим излучением с эффективностью, достигающей 85% [2]. Опыт применения первых установок этого типа показал, что они позволяют сократить период, необходимый для полного выздоровления больного, до нескольких дней, в то время как традиционное хирургическое вмешательство требует 1,5...2 месяцев послеоперационного ухода [3].

Целью наших исследований являлись разработка и создание установки для интракорпоральной лазерной литотрипсии. Для ее достижения необходимо было решить следующие задачи:

– выбрать и обосновать значения наиболее важных параметров лазерного излучения, которые должны обеспечить эффективное разрушение камней в мочеточнике и в других органах человека;

– выбрать тип лазерного излучателя, разработать его конструкцию и испытать его основные характеристики;

– разработать установку для интракорпоральной лазерной литотрипсии.

Анализ известной научной и научно-технической литературы показал, что наиболее пригодным для лазерной литотрипсии оказался фотоакустический метод, т.е. генерация звуковых волн на резонансных частотах самого камня при поглощении его поверхностью импульсно-периодического излучения лазера [4–6]. В результате такого воздействия происходит постепенное механическое разрушение камня, а его осколки естественным путем выводятся из организма. По имеющимся данным, этот метод обеспечивает достаточно эффективное лечение желчно-каменной болезни человека при минимальных повреждениях окружающих тканей [4, 6].

Отмеченные факторы определили выбор фотоакустического метода разрушения камней разрабатываемой установкой и значений основных параметров оптического излучения. Наиболее важные из них следующие.

1. Длина волны лазерного излучения  $\lambda = 500...530$  нм. Излучение этого участка видимого диапазона достаточно эффективно поглощается поверхностью наиболее распространенных

камней, обнаруживаемых в мочеточнике, при минимальных повреждениях окружающих тканей [4, 6].

2. Энергия оптического импульса  $W = 30 \dots 135$  мДж (в зависимости от типа и размера камня), длительность этого импульса  $\tau = 1 \dots 2$  мкс, а частота повторения  $f = 1 \dots 10$  Гц. Эти значения определяются компромиссными требованиями: они должны обеспечивать эффективное образование ударных акустических волн в разрушаемых камнях, однако при этом нежелательна абляция и недопустимо образование плазмы.

Наиболее полно перечисленные параметры можно реализовать при помощи импульсно-периодического лазера на красителях с ламповой накачкой, что согласуется с разработками известных лазерных литотриптеров [2]. Это и определило окончательный выбор источника оптического излучения. В качестве активной среды лазера было решено использовать этанольный раствор красителя G283 [7], обеспечивающий эффективную генерацию в зеленой области спектра ( $\lambda = 530$  нм). Для возбуждения активной среды нами была разработана система накачки на основе импульсной трубчатой лампы с ксеноновым заполнением и осветителя эллиптического профиля. Основные элементы разрядного контура и геометрические размеры лампы накачки были рассчитаны, исходя из условий электрического и спектрального согласования, полученных ранее [8]. При этом для повышения стабильности работы и увеличения долговечности лампы накачки в электрической цепи была предусмотрена схема поддержания дежурного разряда [9].

Испытания разработанного лазера в режиме одиночных импульсов показали, что максимальная энергия генерации составляет около 800 мДж при длительности импульса  $\tau \approx 1,5$  мкс на длине волны  $\lambda \approx 530$  нм. Испытания этого же лазера в импульсно-периодическом режиме проводились с целью экспериментального определения длительности непрерывного сеанса его работы с заданной средней мощностью излучения без замены активной среды. Из полученных результатов следует, что режим генерации с частотой  $f = 10$  Гц и средней мощностью  $P_c = 2$  Вт обеспечивается в течение 7,5 мин путем постепенного повышения выходного напряжения высоковольтного выпрямителя до максимального его значения, если объем активной среды составляет 1 л.

Приведенные характеристики свидетельствуют о том, что описанный лазер может быть использован при разработке и создании медицинской установки для лазерной литотрипсии. В случае необходимости длина волны лазерного излучения может быть изменена путем замены активной среды и некоторых элементов лазера.

На основе описанного импульсно-периодического лазера на красителях с ламповой накачкой была разработана медицинская установка «ЗОНД-1», предназначенная для разрушения камней в мочеточнике и других органах человека. Установка включает в себя:

1. Лазер на красителях с ламповой накачкой, состоящий из блоков:

- излучателя;
- прокачки и охлаждения;
- электропитания;
- контроля и управления
- и педали включения;

2. Высоковольтный источник питания.

3. Катетер с волоконно-оптическим трактом.

Высоковольтный источник питания выполнен в виде специализированного модуля, питаемого от сети 220/380 В, 50 Гц. Он позволяет устанавливать рабочее напряжение на накопительном конденсаторе в пределах 8...20 кВ с шагом 0,1 кВ. Осветитель излучателя выполнен на базе лампы ИНП-5/250.

Блок контроля и управления обеспечивает работу лазерного литотриптера в импульсно-периодическом режиме с заданными значениями энергии, частоты повторения и длительности серии импульсов. Выбор режима осуществляется оператором перед началом сеанса работы путем нажатия на соответствующие клавиши, расположенные на пульте управления рядом с цифровыми индикаторами режимов. Установка оборудована встроенными контрольно-измерительными приборами, позволяющими визуально контролировать ее основные параметры.

Предварительные лабораторные исследования «*in vitro*» по взаимодействию импульсно-периодического излучения с наиболее распространенными камнями в мочеточнике типа «ок-

салаты» у больных в Харьковском регионе показали, что образцы камней размерами до 8 мм разрушаются в течение нескольких секунд при средней мощности излучения около 1 Вт.

*Основные технические характеристики установки «ЗОНД-1»*

Длина волны излучения, нм	504±5%;
Ширина спектральной полосы, нм	5...10;
Энергия импульса (после световода), мДж	20...150, с шагом 10 мДж;
Длительность импульса, мкс	1...2;
Частота повторения, Гц	1...10, с шагом 1 Гц;
Длительность серии импульсов, с	0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10
	непрерывная серия;
Допустимая длительность непрерывной серии импульсов с частотой 5 Гц, мин	не менее 15;
Габариты, мм	1120×650×900;
Масса, кг	не более 135.

Медицинская установка «ЗОНД-1», разработанная фирмой «Юникс» (310002, Харьков, ул. Петровского, 15, тел. 0572-455-123, факс 0572-455-123), может найти применение как в урологии, так и в других областях медицины.

1. Dreteer S. P. // *Laser Surg. and Med.* 1988. V.23, N4. P.341-356.
2. БИНТИ ТАСС. 1989. N 29.
3. *Laser and Applications.* 1986. V.5. N6. P.32-36.
4. Bak D. J. // *Des. News.* 1988. V.44. N20. P.120-121.
5. *New. Sci.* 1988. V.117. N1600. P.42.
6. Watson G. et al. // *J.Urology.* 1987. V.138. N1. P.195-198.
7. Дзюбенко М.И., Маслов В.В., Науменко И.Г., Пелипенко В.П. // *Оптика и спектроскопия.* 1989. Т.49. N4. С.764-767.
8. Пелипенко В.П., Дзюбенко М.И., Шевченко В.В. // *Электронная техника. Сер. Лазерная техника и оптоэлектроника.* 1990. В.5. С.44-48.
9. Дзюбенко М.И., Маслов В.В., Пелипенко В.П., Шевченко В.В. *Исследование импульсно-периодических лазеров на красителях с ламповой накачкой.* Харьков, 1985. 16 с. (Препринт/Институт радиофизики и электроники НАН Украины, N 94-2).

Институт радиофизики и электроники НАН Украины, Фирма «Юникс»,  
г. Харьков

Поступила в редакцию  
17 мая 1995 г.

M. I. Dzyubenko, V. V. Maslov, V. P. Pelipenko, V. V. Shevchenko,  
S. M. Pilipenko, S. Yu. Kavetskaya, A. A. Erokhin, L. P. Sorokin, I. A. Usov. «Zond-1»  
**Laser Lithotripter.**

A development of laser lithotripter for crumbling calculi (stones) in the urinary or biliary system is reported. The source of a power optical radiation is the flashlamp-pumped dye laser using iminocoumarin G-283 and operating at 530 nm in the pulse-periodic regime with pulse duration of 1 to 2  $\mu$ s, pulse repetition rate of 1 to 10 Hz, and average radiant power up to 2 W. The optical flexible fibre waveguide with 400-microne core is used.