

# ГОЛЬМИЕВЫЙ ЛАЗЕР ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ПОЧЕЧНЫХ КАМНЕЙ

В. А. Щербакова<sup>a</sup>, П. Н. Солдатов<sup>b</sup>, И. Л. Вольхин<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

<sup>b</sup>ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»,  
614013, Пермь, 25 Октября, 106

Работа посвящена исследованию возможности применения волоконно-оптических лазеров с активным волокном, легированным ионами гольмия для научных и медицинских целей, в том числе для дробления почечных конкрементов.

**Ключевые слова:** лазер; гольмий; почечные камни

## HOLMIUM LASER FOR FRAGMENTATION OF RENAL STONES

V. A. Shcherbakova<sup>a</sup>, P. N. Soldatov<sup>b</sup>, I. L. Volkhin<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

<sup>b</sup>Perm Chamber of Commerce and Industry, 25 October St.106, 614013, Perm

The work is devoted to study the possibility of using fiber-optic lasers with the active fiber doped with ions of holmium for medical and scientific purposes, including for the crushing of renal calculi.

**Keywords:** laser; holmium; honor stones

Настоящая работа посвящена исследованию возможности применения волоконно-оптических лазеров с активным волокном, легированным ионами гольмия для научных и медицинских целей, в том числе для дробления почечных конкрементов. Известно, что во многих странах 30–40% урологических заболеваний приходится на мочекаменную болезнь. Это весьма распространённое заболевание занимает 3-е место по частоте встречаемости среди трудоспособного населения (25–55 лет). В медицине мочекаменная болезнь лечится различными способами: один из них – дробление камней в почках специализированными твердотельными лазерами [1]. Для этих целей можно использовать лазеры, работающие на длине волны  $\lambda \approx 2$  мкм, которая хорошо поглощается молекулами воды.

Наиболее подходящими для использования в медицинских целях являются волоконные лазеры. Они более удобны в использовании, не требуют специального технического обслуживания и имеют большой потенциал для наращивания выходной мощности. На указанной длине волны наиболее эффективными являются гольмиевые волоконные лазеры.

Для дробления камней был изготовлен волоконный лазер, легированный ионами гольмия, схема которого предоставлена на рис. 1. Она состоит диода накачки (Вmw 29.3W), участка активного волокна, легированного иттербием. Излучение лазерного диода методом боковой накачки



**Рис. 1.** Схема гольмиевого лазера

подводится к волокну, легированному оксидами иттербия. В волокне появляются вынужденно возбужденные электроны. При переходе из возбужденного состояния в основное они выпускают фотоны с различной длиной волны от 900 нм до 1200 нм. Слева стоит 100% брэгговская решетка, отражающая фотоны, на длине волны 1125 нм. Остальные длины волн проходят сквозь нее и поглощаются катушкой самариевого волокна, выполняющей функцию широкополосного поглотителя. Часть генерируемого когерентного излучения с длиной волны 1125 нм проходит вправо сквозь 30% брэгговскую решетку.

Для работы лазера в импульсном режиме генерации используется два типа активных волокон: с высокой и относительно низкой концентрацией ионов гольмия. В качестве активной среды лазера использовался отрезок волокна длиной 10 метров, легированный ионами гольмия, иттербия и эрбия с коэффициентом поглощения  $K = 14$  Дб/м. Для получения импульсного режима генерации лазера справа приваривался отрезок волокна легированной ионами гольмия длиной 1,9 м с более высокой концентрацией и коэффициентом поглощения  $K = 37$  Дб/м.

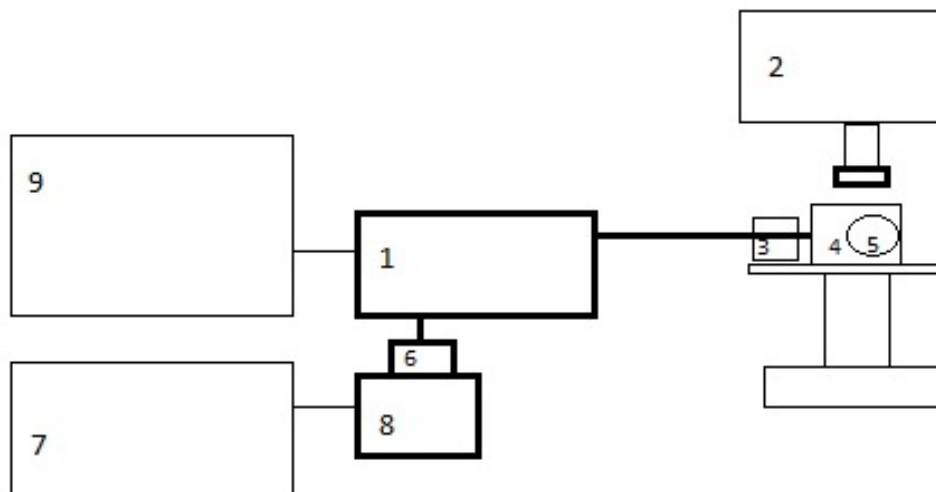
Пока первый отрезок гольмия поглощает фотоны на 1125 нм до второго они практически не доходят. Но наступает момент, когда первый отрезок уже не может поглощать фотоны, т.к. его коэффициент поглощения ниже, чем у второго отрезка и тогда фотоны попадают ко второму отрезку, который поглощает их. Таким образом, за счет первого отрезка достигается необходимая длина волны, а за счет второго – импульсный режим генерации.

Энергетические характеристики гольмиевого лазера: средняя мощность при 8 А на диоде накачки равна 1 Вт, при 9 А – 1.2 Вт. На данных мощностях и проводился опыт.

Была изготовлена лазерная установка для дробления почечных камней, схема которой предоставлена на рис. 2. С ее помощью был проведен опыт по дроблению нескольких различных материалов наиболее близко соответствующих почечным камням по структуре: яичная скорлупа, накипь, каменная соль и куриная косточка.

В установке использовано следующее оборудование:

1. гольмиевый лазер;
2. microscope Colour Digital Camera Levenhuk D320L NG;
3. держатели оптического волокна от сварочного аппарата Fujicura модели 80S;



**Рис. 2.** Схема установки для дробления камней

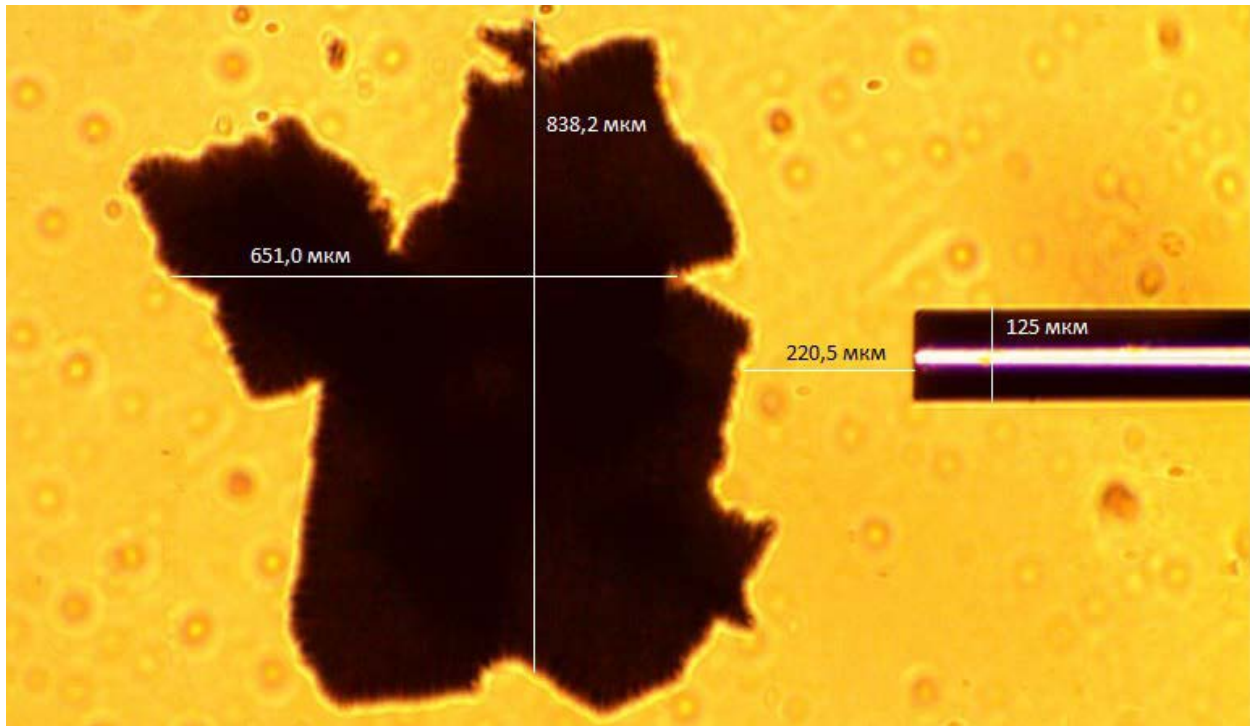
4. 0,9%-й водный раствор хлорида натрия (NaCl);
5. яичная скорлупа, накипь, каменная соль, куриная косточка;
6. диод Bmw 29.3W;
7. блок питания Iso – 480 PP (для вентилятора);
8. вентилятор компьютерный DEERCOOL XFAN 80 V2;
9. блок питания Gwinstek GPR – 352 OHD для диода.

При проведении опыта затвор волоконного лазера подводился на расстояние 0.2–0.5 мм к разрушаемому объекту (яичная скорлупа, накипь, каменная соль), помещенному в 0,9%-й водный раствор хлорида натрия (NaCl). При проведении опыта производилась запись процесса разрушения на камеру Microscope Colour Digital Camera Levenhuk D320L NG, что позже позволило посчитать расстояния воздействия и размеры получившихся в ходе эксперимента осколков.

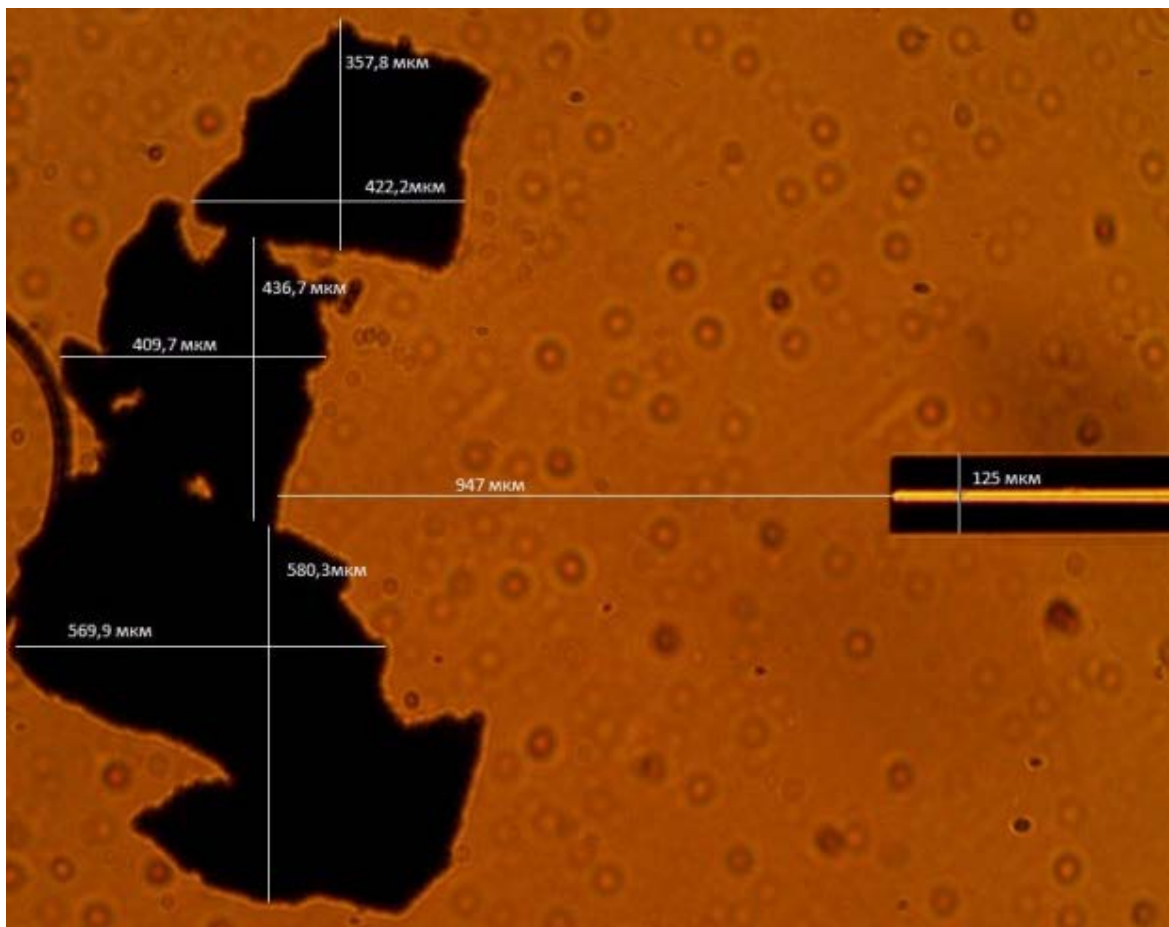
Успешный результат был достигнут не во всех экспериментах, а только в опытах с каменной солью и накипью, имитирующих камни в почках.

Рассмотрим, опыт с накипью, имитирующей почечный камень. Было установлено, что размеры куска накипи до воздействия лазером 651x838мкм (рис. 3). После воздействия этот кусок разделился на три неодинаковые части разных размеров: первая часть – 422x357мкм, вторая – 409x436 мкм, третья – 569x580 мкм (рис. 4). Аналогичным образом был разрушен кусочек каменной соли.

По результатам проведенного эксперимента были сделаны следующие выводы: цель эксперимента была достигнута кусочек накипи и кусочек каменной соли были разрушены под воздействием излучения гольмиевого лазера. Однако лазерное излучение не смогло разрушить куриную косточку и кусочек яичной скорлупы. Это можно объяснить тем, что слоистая структура костной ткани не дезинтегрируется маленькими пузырьками воздуха. Кроме того, следует отметить, что накипь и каменная соль являются наиболее близкими по структуре к почечному камню.



**Рис. 3.** *Размеры разрушаемого объекта (накипи)*



**Рис. 4.** *Размеры осколков*

### Список литературы

1. Волконская К. О. Мочекаменная болезнь: Причины, симптомы и лечение. Медицинский Журнал. М., 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.medicalj.ru/diseases/urology/53-urolithiasis> (Дата обращения: 18.11.2016).