

УДК 577.114:53

**УСТАНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ АКТИВАЦИИ РАБОЧЕГО РАСТВОРА
ЗАЩИТНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ В ПРОТОЧНОМ РЕЖИМЕ**

Будаговская Ольга Николаевна

доктор технических наук, в.н.с. Инженерного Центра

Федеральный Научный Центр имени И.В.Мичурина

budagovsky@mail.ru

Будаговский Андрей Валентинович

доктор технических наук, заведующий НИПЛ «Биофотоника»

Мичуринский государственный аграрный университет

Федеральный Научный Центр имени И.В.Мичурина

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Разработана автоматизированная установка, предназначенная для технологического лазерного облучения рабочего раствора защитных биопрепаратов в потоке. Активация осуществляется излучением полупроводниковых лазеров с длиной волны 650 нм, предусмотрена плавная регулировка плотности мощности когерентного излучения в диапазоне от 0,1 до 10 Вт/м². Встроенный датчик контроля наличия раствора в зоне облучения позволяет автоматически отключать установку с переводом в режим ожидания, когда будет выработан весь объем раствора. Испытаниями установлена эффективность применения установки для лазерной обработки микроорганизмов. Устройство обеспечивает высокопроизводительную работу в автономном режиме (от 30 до 90 литров в час).

Ключевые слова: лазер, облучение, биопрепараты, установка, проточный режим.

Сохранение и повышение активности микроорганизмов, входящих в состав защитных средств биологического контроля болезней растений в период хранения и транспортировки является актуальной проблемой. Эффективным способом решения является применение фоторегуляторного действия низкоинтенсивного когерентного света. Кратковременное лазерное облучение красной области спектра (630-660 нм) способно существенно повысить функциональную активность биопрепаратов, частично потерявшими активность из-за неправильного или длительного хранения [1].

Технологическое применение столь эффективного приема поддержания и усиления защитных свойств биопрепаратов нуждается в разработке оборудования, обеспечивающего высокопроизводительную лазерную обработку рабочих растворов. Известные устройства лазерного облучения семян и растений, содержащие источники лазерного излучения, системы сканирования пучка и блоки управления [2-4] непригодны для обработки защитных биопрепаратов, так как объекты получают неизвестные дозы лазерного облучения со случайной периодичностью и кратностью. С помощью такого рода устройств невозможно контролировать экспозицию лазерной обработки и плотность мощности излучения. Наиболее близкие технические решения представлены лазерными установками для облучения растений в культуре *in vitro*, в которых используется источник лазерного излучения, универсальный объектив и блок управления [5-7]. Они обеспечивают прецизионную установку параметров облучения, однако данные устройства не могут использоваться при технологическом применении защитных биопрепаратов, поскольку имеют низкую производительность, высокую трудоемкость обслуживания, так как работают только с малым объемом рабочего раствора, помещенного в сосуды небольшой емкости.

Целью настоящей работы является описание разработанной конструкции и результатов испытаний установки для проточного лазерного облучения рабочего раствора защитных биопрепаратов.

Структурно-функциональная схема установки представлена на рисунке 1. Устройство включает: 1 – лазерный излучатель с блоком питания, 2 – блок

управления, 3 – схему включения двигателя, 4 – двигатель насоса прокачки раствора, 5 – рабочую емкость с плоскопараллельными гранями, 6 – датчик наличия раствора в рабочей емкости.

Устройство работает следующим образом. По сигналу оператора «Общий Пуск» блок управления 2 подает на схему включения двигателя 3 команду «Пуск насос», схема включения двигателя 3 подает заранее установленное напряжение питания U_n на двигатель насоса прокачки 4, который начинает прокачку раствора с защитными биопрепаратами через рабочую емкость 5. При появлении в рабочей емкости 5 раствора биопрепарата, срабатывает датчик 6 наличия раствора и по его сигналу «Работа» блок управления 2 подает команду «Пуск лазер» на блок питания лазера и включает лазерный излучатель 1, облучающий область пространства, в которой находится рабочая емкость 5. Раствор защитного биопрепарата непрерывно прокачивается через рабочую емкость 5 со скоростью, задаваемой схемой включения двигателя 3. Скорость прокачки изменяется посредством изменения напряжения питания U_n двигателя насоса прокачки 4. В момент откачки последней порции раствора из рабочей емкости 5, датчик 6 фиксирует отсутствие раствора в рабочей емкости 5 и подает команду «Общий Стоп» в блок управления 2. В свою очередь блок управления 2 подает команды «Стоп насос» на схему включения двигателя 4 и «Стоп лазер» на блок питания лазера. В результате чего выключается лазерный излучатель 1 и двигатель насоса прокачки 3. Установка переходит в режим ожидания следующего цикла работы.

Такая конструкция устройства способствует увеличению производительности лазерной обработки защитных биопрепаратов в жидкой фазе с обеспечением необходимой точности параметров облучения в проточном режиме. Плоскопараллельные прозрачные грани рабочей емкости позволяют минимизировать потери лазерного излучения.

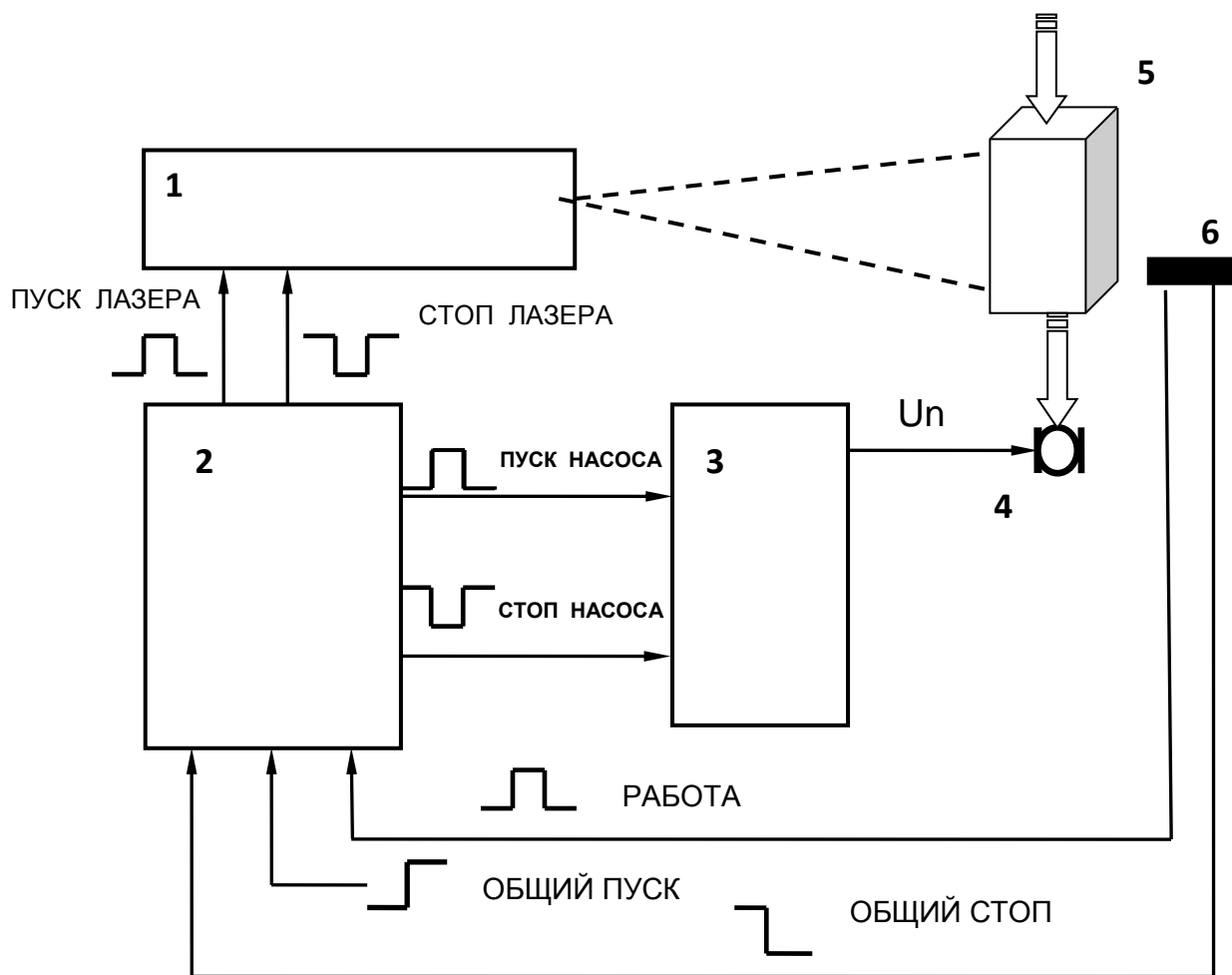


Рисунок 1. Структурно-функциональная схема устройства для лазерной обработки защитных биопрепаратов.

Длительность облучения препарата задается скоростью прокачки раствора через рабочую емкость. Постоянство местоположения рабочей емкости относительно выходной апертуры лазерных излучателей обеспечивает однородность параметров облучения во всём объёме обрабатываемого раствора, а встроенный датчик наличия раствора с блоком управления обеспечивают автономную работу устройства, что способствует уменьшению трудоемкости при технологической лазерной обработке больших объемов защитных биопрепаратов.

Лабораторный образец технологической установки, выполнен в виде единого блока (620x450x340 мм), в котором проводится облучение рабочего раствора в проточном режиме когерентным светом полупроводниковых лазерных

модулей на длине волны 640...660 нм (рис. 2, 3) . Интенсивность лазерного излучения меняется в диапазоне от 0,1 до 10 Вт/м². Блок управления установкой позволяет дискретно устанавливать 3 скорости прокачки: 0,5; 1,2 и 1,5 литров в минуту.

Оптимальные режимы облучения устанавливаются предварительно экспериментальным путем для каждого типа защитного биопрепарата. Процесс прокачки жидкости и его облучение продолжается до тех пор, пока рабочий раствор в емкости облучения будет откачена полностью. Конструкцией установки предусмотрен специализированный датчик уровня жидкости в емкости, построенный по весовому принципу. Когда уровень жидкости подходит к критическому значению, датчик подает сигнал на блок управления установкой и происходит отключение насоса и лазеров. Это позволяет существенно снизить трудоемкость процесса облучения, так как оператор занят только несколько секунд в момент запуска установки и проверки ее работоспособности. Например, при оптимальной скорости прокачки 0,5 литра в минуту 30 литровой объем рабочего раствора будет обрабатываться более часа и все это время установка работает в автономном режиме.



Рисунок 2 - Передняя панель блока управления установкой.

Внутреннее пространство блока управления установкой разделено на две зоны: справа - зона расположения электронных узлов и схем, слева – зона размещения ёмкости облучения и датчика контроля уровня жидкости в нем.

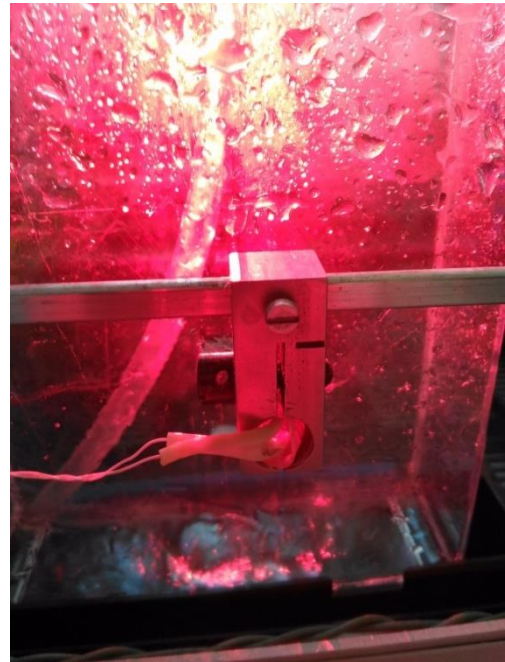
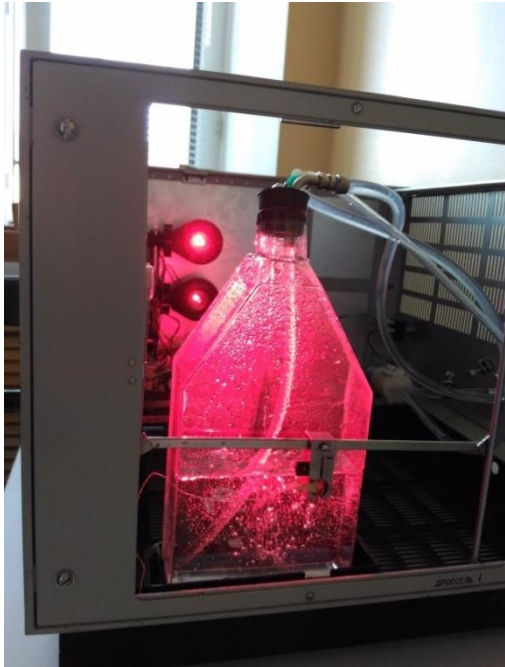


Рисунок 3 – Слева – процесс облучения препарата; справа - фотоприемный узел контроля интенсивности лазерного излучения в рабочей зоне.

Испытаниями установлена эффективность применения установки для лазерной обработки микроорганизмов в поточном режиме. Устройство обеспечивает полностью автономную (оператор только включает устройство) и высокопроизводительную работу (от 30 до 90 литров в час). Это позволяет обеспечивать лазерную активацию рабочих растворов защитных биопрепаратов в реальных производственных условиях, например, тепличных хозяйств.

Выводы:

1. Разработана технологическая установка для лазерного облучения рабочего раствора защитных биопрепаратов в потоке. Она обеспечивает высокую производительность при автономной работе (от 30 до 90 литров в час).

2. Установка выполнена в виде единого блока, в который встроены полупроводниковые лазерные излучатели, насосный узел, рабочая емкость с плоскопараллельными гранями, датчик контроля уровня раствора в зоне облучения и датчик контроля интенсивности лазерного излучения, схема управления установкой, блоки питания.

3. Установка может использоваться для лазерной активации рабочих растворов биопрепаратов, в том числе частично потерявших активность в следствие неправильного или длительного хранения.

Список литературы

1. Способ восстановления активности защитных биопрепаратов после транспортировки, длительного или неправильного хранения: патент РФ №2683684: МПК⁷ А01С1/00, А01N63/00, С12N1/20 /Будаговский А.В., Маслова М.В., Будаговская О.Н., Грошева Е.В., Будаговский И.А.; заявка №201811537 от .24.04.2018; опубл.01.04.2019, Бюл.№10. – 7 с.

2. Патент РФ № 2072758 А01С1/00, А01G7/04. Способ лазерной активации семян в буртах и система для его осуществления /Авторы: П.С.Журба, А.Н.Долгов, Т.П.Журба.. – Оpubл. 10.02.1997.

3. А.С. СССР № 957452 А01С 7/00, А01G 7/04. Устройство для стимулирования роста растений.

4. Патент РФ №2202869. Устройство для лазерной обработки семян и растений. А01С 1/00, А01G 7/04.- Оpubл. 27.04.2003. Бюл. №12, С.6.

5. Будаговский А.В. Теория и практика лазерной обработки растений. – Мичуринск-наукоград РФ, 2008. – 548 с.

6. Будаговский А.В., Соловых Н.В., Янковская М.Б. Методикам применения когерентной лазерной оптики для повышения эффективности размножения растений *in vitro*. - Мичуринск-наукоград РФ, 2014. – 70 с.

7. Патент РФ №165722 на полезную модель «Устройство для прецизионной лазерной обработки растений в культуре *in vitro*» / Авторы: Будаговский А.В., Будаговская О.Н., Будаговский И.А. – Оpubл. 10.11.2016. Бюл.№ 31.

УДК 577.114:53

**EQUIPMENT FOR LASER ACTIVATION OF THE WORKING
SOLUTION OF PROTECTIVE BIOLOGICAL PREPARATIONS
IN THE FLOW MODE**

Budagovskaya Olga Nikolaevna

doctor of technical Sciences, leading researcher Engineering Center

Federal research Center named after I. V. Michurin

budagovsky@mail.ru

Budagovsky Andrey Valentinovich

doctor of technical Sciences, head of laboratory "Biophotonics"

Michurinsk State Agrarian University

Federal research Center named after I. V. Michurin

Michurinsk, Russia

Annotation. An automated equipment designed for technological laser irradiation of the working solution of protective biological preparations in the stream has been developed. Activation is performed by radiation of semiconductor lasers with a wavelength of 650 nm, and smooth adjustment of the power density of coherent radiation in the range from 0.1 to 10 W/m² is provided. The built-in sensor for monitoring the presence of solution in the irradiation zone allows you to automatically turn off the unit and switch to standby mode when the entire volume of solution is exhausted. Tests have established the effectiveness of the installation for laser treatment of mi-

croorganisms. The device provides high-performance offline operation (from 30 to 90 liters per hour).

Keywords: laser, radiation, protective biological preparations, equipment, flow mode.