

АВТОМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ МИКРОСПУТНИКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В КОСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ПО ФЛЮОРЕСЦЕНТНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Г.К. Гарипов¹, М.И. Панасюк^{1,2,*}, И.В.Конюхов,³ С.И. Погосян³, А.Б.Рубин³, Д.Е.Андреев⁴. * - e-mail: panasyuk@sinp.msu.ru

1. НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2. Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 3. Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 4. НИИ физико-химической биологии им. Н.Белозерского, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия



Общий вид эскизного варианта автоматической биологической лаборатории. Видны: герметичная монтажная платформа с каналами сообщения между микрокапсулами общей площадью 60×60мм²; несколько микрокапсул, включающими микрокапсулы инкубаторов для микроорганизмов, источников воды, газовой среды и т.д.; датчиков давления, температуры и т.д.; клапанов сброса давления; фотосенсора. На этом рисунке также показан луч красного флуоресцентного излучения микроорганизмов из инкубатора.

Одним из источников возникновения жизни на Земле может быть панспермия, которая предполагает появление микроорганизмов на Земле из космоса. Но источником панспермии может быть и Земля. Микроорганизмы с Земли, например, могут попасть в околоземное космическое пространство на космических аппаратах. В связи с этим возникает вопрос о выживании наземных микроорганизмов в космических условиях. Для решения этой задачи предлагается дистанционно изучать микроорганизмы с помощью автоматических биологических лабораторий, установленных на микроспутниках в околоземном космическом пространстве. В этом случае для изучения динамики выживаемости микроорганизмов, помещенных в микрокапсулы с изменяющейся средой обитания в реальном времени, предлагается использовать свойства флуоресценции, возникающей при воздействии на микроорганизмы вспышек света либо некоторых реагентов вызывающих флуоресценцию. В этом случае возможно исследовать так называемую индукционную кривую флуоресценции, которая изменяется во времени при освещении микроорганизмов вспышками света вызывающими флуоресценцию и содержит информацию о состоянии живого микроорганизма и отличается от флуоресценции мертвых клеток или свободных пигментов и минералов. Пример расчетов флуоресценции инкубатора показан на [Слайд 2](#)

На рисунке представлен один из эскизных предварительных вариантов разрабатываемой автоматической биологической лаборатории. Как видно из рисунка максимальное число микрокапсул различного назначения на микроспутнике с одной герметичной монтажной платформой может достигать 50, минимально можно установить одну микрокапсулу.

С помощью рассмотренной биологической лаборатории можно также исследовать генетические изменения и мутации микроорганизмов, возникающих при смене поколений в космических условиях как в среде аналогичной земной, так и в специально созданной среде, в которых можно изучать и динамику выживания микроорганизмов одного поколения с высоким временным разрешением. Полученные данные могут представлять интерес для развития космонавтики.

Важным достоинством метода является и то, что флуоресцентное излучение из микрокапсулы с микроорганизмами, установленной на монтажной платформе, находящейся в экстремальных изменяющихся условиях, может регистрироваться с помощью аппаратуры расположенной в изолированном отсеке, который обеспечивает благоприятные условия работы электроники.

Кроме инкубаторов на платформе устанавливаются микрокапсулы содержащие датчики температуры, давления, клапаны установки заданного давления, микрокапсулы поддержания заданных температур и состава среды в инкубаторе., и т.д.

Оценки сигналов флюоресценции микроорганизмов в автоматических биологических лабораториях на борту микроспутников.

Рассмотрим один из примеров параметров автоматической биологической аппаратуры для изучения сигналов флюоресценции.

Рассчитаем уровень сигнала флюоресценции от одного микроорганизма при расстоянии фотосенсора площадью 1см^2 до поверхности инкубатора $H = 10\text{см}$, оптической мощности синего светодиода 1Вт , освещающего 1см^2 площади инкубатора, где находится один микроорганизм. Плотность излучения на поверхности составит $1\text{Вт}/\text{см}^2 = 10^4\text{Вт}/\text{м}^2$ или $10^4/5 \cdot 10^{-19} = 2 \cdot 10^{22}$ фотонов/ м^2 . Плотность излучения примерно на порядок больше естественного солнечного излучения. Известно, что диаметр клетки водоросли примерно равен 10^{-5}м , площадь такой клетки 10^{-10} м^2 . Число фотонов попавших в клетку составит $2 \cdot 10^{22}$ фотонов/ $\text{м}^2 \cdot 10^{-10}\text{м}^2 = 2 \cdot 10^{12}$ фотонов в секунду, при конверсионной эффективности клетки 10^{-2} поток флюоресцентного света от клетки составит $10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{12} = 2 \cdot 10^{10}$ фотонов. Геометрический фактор детектора с площадью фотосенсора $S=1\text{см}^2$ на расстоянии 10 сантиметров составит $S/4\pi H^2 = 1/12 \cdot 10^2 \approx 0.8 \cdot 10^{-3}$. В этом случае от одной клетки в детектор попадет $2 \cdot 10^{10} \times 0.8 \cdot 10^{-3} = 1.6 \cdot 10^7$ фотонов, или при конверсионной эффективности фотокатода 0.1 полезный сигнал составит около $1.6 \cdot 10^6$ фотоэлектронов при длительности зондирующего импульса 1 секунда. При длительности зондирующего импульса 1 микросекунда число попавших в клетку фотонов составит $2 \cdot 10^{12} \times 10^{-6} = 2 \cdot 10^6$ фотонов зондирующего излучения, число фотонов флюоресценции составит $10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^4$ фотонов, в фотосенсор попадет $2 \cdot 10^4 \times 0.8 \cdot 10^{-3} = 16$ фотонов, в ФЭУ образуется $1-2$ фотоэлектрона от одной клетки. Учитывая, что в инкубаторе можно расположить несколько тысяч клеток, то в тысячи раз возрастет и полезный сигнал. Для повышения чувствительности при измерениях формы индукционной кривой, можно также увеличивать длительность зондирующей вспышки, либо устанавливать фотосенсор ближе к инкубатору.