

Л. В. Курганская, А. В. Щербак (Самара, Самарский ун-т). **О медико-биологических экспериментах, проведенных на КА «Фотон-М» № 4 с помощью аппаратуры СИГМА.**

Автономная научная аппаратура (НА) СИГМА, установленная на КА «Фотон-М» № 4 [1], была предназначена для проведения нескольких космических экспериментов (КЭ) в условиях орбитального полета, связанных с исследованием влияния факторов космического полета — ФКП (невесомость, ионизирующие излучения и электромагнитные поля и т. п.) на биологические образцы нескольких видов [2, 3].

В состав НА СИГМА входят геометрически идентичных и автономных модуля СИГМА-01, СИГМА-02 и СИГМА-03, каждый из которых состоит из трех последовательно устанавливаемых друг на друга секций. В секциях С-1/1, С-1/2 и С-1/3 модуля СИГМА-01 размещаются автономные источники питания (батареи), элементы системы терморегулирования и блоки регистрации и хранения данных. Контейнеры (5 мл пробирки) с исследуемыми биообъектами (клеточные культуры в ростовой среде) попарно размещаются в универсальных блоках регистрации (УБР), которые имеют автономные подсистемы измерения и регистрации контролируемых параметров биообъектов. УРБ-1,2, ..., 6 вместе с объединительной платой размещаются в верхней секции модуля С-1/3, а автономные источники питания (АИП) — в секциях С-1/1 (нижняя секция) и С-1/2 (средняя секция), которые обеспечивают гарантированное автономное функционирование УБР с момента их включения (и снаряжения) в течение не менее 65 суток. Масса снаряженного модуля СИГМА-01 — 12,4 кг.

Модуль СИГМА-02 включает секции С-2/1, С-2/2 и С-2/3, из которых секции С-2/2 и С-2/3 идентичны секциям С-1/2 и С-1/3 модуля СИГМА-01. Ресурс АИП секции С-2/2 обеспечивает автономное функционирование УБР-7,8, ..., 12 в течение не менее 35 суток. По истечении 35-х суток подсистема терморегулирования УБР отключается в том случае, если АИП полностью выработали ресурс. В секции С-2/1 модуля СИГМА-02 размещаются контейнеры с различными биообъектами (образцы семян и почв в грипперах, а также герметично закрытые пробирки с биообъектами — микроорганизмы и т. п.). Масса снаряженного модуля — 11,5 кг.

Основные технические характеристики УБР: 1) поддерживаемая температура контейнеров с биообъектами (клеточные культуры) — $37 \pm 0,2^\circ\text{C}$; 2) измеряемые параметры: импеданс (модуль — от 1 кОм до 1 МОм; фазовый угол от -90° до $+90^\circ$; диапазон частот — $0 \dots 100$ кГц; число каналов — не менее 40; мутность среды — от 5 до 100 FTU; цветность среды — от $0^\circ \dots 120^\circ$; напряжение питания — 3,6 В).

В состав модуля СИГМА-03 входят секции С-3/1, С-3/2 и С-3/3, в которых размещаются контейнеры и упаковки с различными биообъектами — семена растений, микроорганизмы и каллус (ткани растительных клеток). Секции С-3/2 (средняя) и С-3/3 (верхняя) являются гипоманитными камерами. Масса модуля после снаряжения — 10,4 кг.

Послеполетный анализ состояния модулей СИГМА-01 и СИГМА-02 показал, что на момент посадки спускаемого аппарата КА «Фотон-М» № 4 они находились в рабочем состоянии, а остаточные ресурсы АИП СИГМА-02 составили до 2...3-х суток.

Проведенные летные испытания НА СИГМА на борту КА «Фотон-М» № 4 подтвердили как ее работоспособность, так и правильность принятых технических решений при ее создании. С помощью НА СИГМА было проведено 12 КЭ, в том числе, с клеточными культурами (2 КЭ), с разными видами микроорганизмов (4 КЭ) и с семенами растений (6 КЭ), которые были разработаны учеными и специалистами из 5 вузов и научных организаций Самарской области, а именно: Самарский государственный медицинский университет (эксперименты КЛЕТКА, ФЛОРА-М, ЭНДОФЛОРА); Самарский государственный университет (эксперименты ФЛОРА-БС, ПОЧВА); Самарская государственная сельскохозяйственная академия (эксперимент ЗЕРНО-1); Самарский НИИ сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова (эксперименты ГЕНЕТИКА-1, ГОРОХ-1, КАРТОФЕЛЬ и МИКРОБ-1). Кроме того, в НА СИГМА были проведены КЭ МИКРОБ-2 и ЛИМФОЦИТ, разработанных сотрудниками Института медико-биологических проблем РАН.

Полученные с помощью НА СИГМА в течение полета КА «Фотон-М» № 4 результаты КЭ, в том числе экспонированные в полете биообъекты, в настоящее время изучаются разработчиками КЭ [4, 5]. Все КЭ были выполнены в полном объеме. Результаты проведенных экспериментов во многом определили содержание научной программы для КА «Бион-М» № 2, в которую включен комплекс медико-биологических КЭ по следующим направлениям: а) с культурами клеток *in vitro* (2 КЭ: МУЛЬТИИНКУБАТОР; ТРАНСКИПТОМ-МСК); б) микробиологические исследования (2 КЭ: ЭНДОФЛОРА-2; БИОМИКРОБ); (4 КЭ: РОДИОЛА; ГЕНЕТИКА-2; ФИТО-2; ФЛОРА-БС2). Перечисленные КЭ планируется провести на КА «Бион-М» № 2 с помощью НА СИГМА-2, технический облик которой был определен при выполнении эскизного проекта на эту НА в первом полугодии 2016 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научный технологический КА «Фотон-М» № 4. <http://www.federalspace.ru/20669/>.
2. Горелов Ю. Н., Курганская Л. В. Научная аппаратура МРТ и СИГМА для проведения экспериментов на борту КА «Фотон-М» № 4. — *Обзорные прикл. и промышл. матем.*, 2014, т. 21, в. 4, с. 346–348.
3. Курганская Л. В. Научная аппаратура для проведения космических экспериментов на борту КА «Бион-М» № 1 и «Фотон-М» № 4. — *Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного ун-та*, 2014, № 1, с. 67–75.
4. Милёгин А. В., Мальчиков П. Н., Катюк А. И. Первичные результаты космического эксперимента с семенами хозяйственно-полезных сельскохозяйственных культур на космическом аппарате ФОТОН-М № 4. — *Изв. СамНЦ РАН*, 2015, т. 17, 4(3), с. 596–601.
5. Горелов Ю. Н., Кавеленова Л. М., Курганская Л. В., Розно С. А., Рузаева И. В., Рузаева К. С. Результаты космического эксперимента с семенами редких растений природной флоры. Космический научный проект «Бион-М № 1»: медико-биологические эксперименты и исследования. / Под ред. А. И. Григорьева. М.: ГНЦ РФ – ИМБП РАН, 2016, с. 486–493.