

**Ю. Н. Горелов, Л. В. Курганская** (Самара, ИПУСС РАН).  
**Научная аппаратура МРТ и СИГМА для проведения экспериментов на борту КА «Фотон-М» № 4.**

Для проведения фундаментальных и прикладных исследований в космическом полете в интересах различных областей науки и техники нашли широкое применение специализированные автоматические космические аппараты (КА) разработки ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» [1], на борту которых к настоящему времени проведены многочисленные технологические и медико-биологические космические эксперименты. В апреле 2013 года с космодрома Байконур был запущен на орбиту научный КА «БИОН-М» № 1 со средней высотой полета 575 км и наклоном 64,9° и после 30-ти суточного полета на 448 витке его спускаемый аппарат 19 мая 2013 совершил посадку. В программу научных экспериментов на борту КА «БИОН-М» № 1 входили исследования по космической биологии и медицине и было проведено 79 научных экспериментов, в том числе ряд космических экспериментов (КЭ), разработанных кооперацией Самарских вузов (СамГУ и СамГМУ) и ИПУСС РАН при поддержке ИМБП РАН и ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс». Предварительные результаты этих экспериментов представлены в [2–4]. В рамках Федеральной космической программы России запланировано продолжение программы «Бион».

На борту КА «Фотон-М» № 4 [5], запущенного 19 июля 2014 года, помимо научной аппаратуры (НА) для проведения исследований области космического материаловедения, размещена также НА для проведения ряда биомедицинских исследований, в том числе МРТ и СИГМА. НА МРТ (многоканальный регистратор температур [6, 7]) предназначена для измерения температур в локальных зонах контейнеров научной аппаратуры на поверхности спускаемого аппарата на всех этапах эксплуатации КА с целью контроля условий проведения соответствующих биомедицинских КЭ. Автономная НА СИГМА [8] предназначена для проведения в условиях орбитального полета ряда КЭ по исследованию влияния факторов космического полета — ФКП (невесомость, космическая радиация и электромагнитные поля и т. п.) на биологические образцы. Сотрудниками СамГУ, СамГМУ, СамГСХА, СамНИИСХ РАН и ИМБП РАН для НА СИГМА были разработаны следующие КЭ, а именно: КЛЕТКА (разработчик — СамГМУ) — исследование влияния условий космического полета на морфо-функциональное состояние, пролиферативную активность и дифференцировочный потенциал культур клеток (фибробластов, хондробластов); ЛИМФОЦИТ (ИМБП РАН) — исследование влияния ФКП на морфо-функциональное состояние иммунокомпетентных клеток *in vitro*; ПОЧВА (СамГУ) — исследование влияния ФКП и гипогеомагнитного фактора на биохимические и микробиологические показатели почвенного плодородия; ЭНДОФЛОРА (СамГМУ) — изучение воздействия ФКП на биофильные энтеробактерии и стафилококков (типичных представителей эндогенной микрофлоры человека); МИКРОБ-1 (СамНИИСХ РАН) — исследование влияния ФКП на морфобиологические признаки и свойства гриба почвенной ризосферы *Trichoderma viride*; МИКРОБ-2 (ИМБП РАН)

— изучение биологических свойств микроорганизмов рода *Bacillus* при длительной экспозиции в условиях космического полета в гипомагнитной камере. Кроме перечисленных КЭ, в НА СИГМА предусматривается проведение исследований влияния ФКП на биообъекты, не требующие поддержания их жизнедеятельности в течение полета (сухие семена и плоды высших растений), в том числе с использованием гипомагнитных модулей. При этом запланировано проведение следующих КЭ: ФЛОРА-М (СамГМУ); ФЛОРА-БС (СамГУ); ЗЕРНО-1 (СамГСХА); ГЕНЕТИКА-1, ГОРОХ-1 и КАРТОФЕЛЬ (СамНИИСХ РАН).

Формирование научных программ для НА МРТ и СИГМА, включая разработку перечисленных выше КЭ, было проведено с учетом как полученных ранее результатов при полете КА «Бион-М» № 1, так и с учетом новых требований к НА МРТ и СИГМА при разработке указанных выше КЭ. В настоящем докладе освещаются вопросы, связанные с проектированием специализированной НА для проведения медико-биологических и технологических КЭ на борту автоматических КА. Приводятся основные параметры и характеристики установленной на КА «Фотон-М» № 4 НА МРТ и СИГМА, а также ожидаемые результаты КЭ, которые должны быть получены с ее помощью и которые необходимы для формирования научной программы КА «Бион-М» № 2.

После 42-суточного полета 1 сентября 2014 года спускаемый аппарат КА «Фотон-М» № 4 в 13:18 мск успешно приземлился в заданном районе Оренбургской области [9]. По результатам экспресс-анализа на месте посадки КА было подтверждено нормальное функционирование НА МРТ и СИГМА. НА СИГМА была демонтирована и доставлена 2 сентября в г. Самара в научно-исследовательскую лабораторию моделирования процессов управления и обработки информации Самарского государственного университета для проведения дальнейших работ. Вместе со спускаемым аппаратом НА МРТ также была доставлена в г. Самара в РКЦ «ЦСКБ-Прогресс». Полученные в течение предполетной подготовки и полета КА «Фотон-М» № 4 данные о функционировании НА МРТ и СИГМА обрабатываются. Экспонированные в космическом полете биообразцы, находившиеся в НА СИГМА, переданы разработчикам КЭ для проведения дальнейших медико-биологических исследований; они могут продлиться от нескольких недель до нескольких лет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирилин А. Н., Аншаков Г. П., Ахметов Р. Н., Сторож А. Д. Космическое аппаратостроение: Научно-технические исследования и практические разработки ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»./ Под ред. А. Н. Кирилина. Самара: ИД «АГНИ», 2011, 280 с.
2. Абрашкин В. И., Авдеева Е. В., Горелов Ю. Н. и др. О предварительных результатах космического эксперимента с семенами высших растений на КА «Бион-М» № 1. — Вестник СамГУ, 2013, № 9/1 (110), с. 140–150 и цв. вклейки с. 12.
3. Абрашкин В. И., Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Щербак А. В. Эксперимент «КАРБОН» на космическом аппарате «БИОН-М» № 1. — Изв. СНИЦ РАН, 2013, т. 15, № 6, с. 210–217.
4. Волова Л. Т., Курганская Л. В., Россинская В. В. и др. Изучение влияния условий космического полета на клеточную популяцию хондробластов человека *in vitro*. — Технологии живых систем, 2013, т. 10, № 8, с. 54–58.
5. Научный технологический КА «Фотон-М» № 4. — <http://www.federalspace.ru/20669/>.

6. *Абрашкин В. И., Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Щербак А. В.* Многоканальный регистратор температур для научной аппаратуры на борту космических аппаратов «Бион-М» и «Фотон-М». — *Обозрение прикл. и промышл. матем.* 2011, т. 18, в. 2, с. 241–242.
7. *Абрашкин В. И., Курганская Л. В., Щербак А. В.* Автономная система мониторинга теплового состояния научной аппаратуры на космическом аппарате. — *Изв. СНЦ РАН*, 2012, т. 14, № 6, с. 240–243.
8. *Волова Л. Т., Горелов Ю. Н., Кулагина Л. Н., Курганская Л. В., Щербак А. В.* О разработке научной аппаратуры «СИГМА» для проведения медико-биологических космических экспериментов. — В сб.: Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов (XVIII международная научная конференция; Евпатория, Крым, Украина, 30 июня–07 июля 2013 г.). М.: Изд-во МАИ, 2013, с. 24–25.
9. *Новости Роскосмоса (01.09.2014, 13:48):* Космический аппарат «Фотон-М» № 4 вернулся на Землю. — <http://www.federspace.ru/20884/>.