

**Ю. Н. Горелов, Л. В. Курганская, А. В. Щербак** (Самара, СамГУ). **Научная аппаратура для проведения технологических и медико-биологических экспериментов на КА «Бион-М» № 1 и «Фотон-М» № 4 (проектирование аппаратуры и основные результаты проведенных космических экспериментов).**

Освоение космического пространства тесно взаимосвязано с проведением исследований в области космической биологии и физиологии, позволяющим изучать фундаментальные закономерности функционирования живых систем в условиях космического полета, что необходимо и уже вполне эффективно используется для реализации программ освоения человеком космического пространства. В связи с созданием долговременных орбитальных станций и решением задач медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов различной продолжительности и различного назначения в нашей стране в 1970 году начато проведение биологических исследований на спутниках «Бион» [1, 2].

В рамках программы «Бион», а в дальнейшем и программы «Интеркосмос», в полетах продолжительностью от 5 до 22,5 суток были проведены исследования на культурах клеток и тканей, одноклеточных организмах, насекомых, рыбах, амфибиях, рептилиях, яйцах птиц и млекопитающих (крысы и обезьяны). Полученные результаты внесли существенный вклад в изучение функционирования живых систем в условиях космического полета и в решение ряда практических задач медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов. Тем не менее, до настоящего времени многие проблемы космической биологии и медицины остаются открытыми и, более того, актуализируются применительно к будущим полетам на Луну и Марс. Ключевой проблемой здесь является изучение реакций организма на факторы космического полета на клеточном и молекулярном уровнях организации живого. Этому при реализации научной программы исследований в полете КА «Бион-М» № 1, запущенного на орбиту в 2013 году [3], было уделено первостепенное внимание [1]. Программа исследований во многом была продолжена в 2014 году на КА «Фотон-М» № 4 [4], который был разработан на базе КА «Бион-М» № 1. Эти аппараты являются КА нового поколения, и по своим основным характеристикам существенно отличаются от КА «Бион» и «Фотон» [2] по имеющимся возможностям для проведения медико-биологических и технологических экспериментов на орбите. Соответственно, новые требования при этом были предъявлены и к их бортовой научной аппаратуре, необходимой для реализации космических экспериментов. В рамках Федеральной космической программы России программа «БИОСПУТНИК» будет продолжена — в 2021 году планируется запуск КА «Бион-М» № 2 с новой обширной научной программой исследований в области космической биологии и медицины.

В рамках программ исследований на КА «Бион-М» № 1 и «Фотон-М» № 4 учеными и специалистами ряда самарских вузов (СамГУ, СамГМУ и СамГСХА) и научных организаций (СамНЦ РАН, ИПУСС РАН, ИСОИ РАН и Самарского НИИ сельского

хозяйства имени Н. М. Тулайкова) в кооперации с ИМБП РАН и Ракетно-космическим центром «Прогресс» (г. Самара) было подготовлено более полутора десятков космических экспериментов, для проведения которых также была разработана оригинальная научная аппаратура. Основные результаты проведенных экспериментов докладывались как на Всероссийском симпозиуме по прикладной и промышленной математике, так и на других конференциях.

В данном докладе приводятся основные результаты, связанные с разработкой научной аппаратуры КАРБОН, МРТ и СИГМА в процессе ее проектирования и предполетных испытаний [5–11], а также освещены основные результаты проведенных технологических и медико-биологических космических экспериментов на КА «Бион-М» № 1 [10, 12, 13] и КА «Фотон-М» № 4 [14–17]. В [14, 16] подробно изложены результаты эксперимента с аппаратурой МРТ на внешней поверхности КА. В [15, 17, 18] изложены результаты медико-биологических экспериментов, которые послужили основой для предложений по ряду новых экспериментов. Их проведение планируется в рамках научной программы КА «Бион-М» № 2 в 2021 году и, соответственно, по решению Межведомственной комиссии (Совета РАН по космосу и Федерального космического агентства) для проведения этих экспериментов рекомендовано следующую научную аппаратуру: «Карбон-2» (в развитие эксперимента «Карбон»); МРТ-2 (в развитие эксперимента МРТ), а также многомодульную научную аппаратуру «Сигма-2» для проведения восьми медико-биологических экспериментов по таким направлениям, как исследования с культурами клеток *in vitro*; микробиологические исследования; исследования влияния факторов космического полета на семена и клеточную ткань лекарственных, редких и хозяйственно-полезных растений и культур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект «БИОСПУТНИК». М.: Ин-т медико-биологических проблем РАН. <http://biosputnik.imbp.ru/index.html>.
2. Кирилин А. Н., Аншаков Г. П., Ахметов Р. Н., Сторож А. Д. Космическое аппаратостроение: Научно-технические исследования и практические разработки ГН-ПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс». / Под ред. А. Н. Кирилина. Самара: АГНИ, 2011, 280 с.
3. Проведение исследований в области космической биологии в условиях микрогравитации на космическом аппарате «Бион-М» № 1. Федеральное космическое агентство. <http://www.federspace.ru/352/>.
4. Научный технологический КА «Фотон-М» № 4. <http://www.federspace.ru/20669/>.
5. Абрашкин В. И., Курганская Л. В., Щербак А. В. Автономная система мониторинга теплового состояния научной аппаратуры на космическом аппарате. — Изв. СамНЦ РАН, 2012, т. 14, № 6, с. 240–243.
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., 2012, т. 19, в. 2, с. 232–233.
7. Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Хименко В. И. Методы проектирования научной аппаратуры для медико-биологических космических экспериментов. — Обозрение прикладной и промышл. матем., 2013, т. 20, в. 5, с. 576–579.
8. Горелов Ю. Н., Курганская Л. В. Научная аппаратура МРТ и СИГМА для проведения экспериментов на борту КА «Фотон-М» № 4. — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2014, т. 21, в. 4, с. 346–348.
9. 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.

10. *Абрашкин В. И., Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Щербак А. В.* Эксперимент «КАРБОН» на космическом аппарате «Бион-М» № 1. — Изв. СамНЦ РАН, 2013, т. 15, № 6, с. 210–217.
11. *Абрашкин В. И., Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Щербак А. В.* Об экспериментальных исследованиях влияния факторов космического пространства на тонкоплёночные структуры карбида кремния. — Обзорение прикл. и промышл. матем., 2011, т. 18, в. 2, с. 241–242.
12. *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 Самарского государственного ун-та, 2013, № 9/1 (110), с. 140–150.
13. *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.
14. *Курганская Л. В.* Космический эксперимент с научной аппаратурой «МРТ» на КА «ФОТОН-М» № 4. — Вестник Самарского гос. ун-та, 2014, № 10 (121), с. 140–152.
15. *Gorelov Yu., Plyin V., Kavelenova L., Kurganskaya L., Rozno S., Ruzaeva I.* Concerning the preliminary results of space experiment with the seeds of rare plants (on the board of BION-M № 1). — В сб.: Тезисы конференции «The 40th COSPAR scientific assembly», Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, 2-10 August 2014, F4.4-0033-14, 2014.
16. *Абрашкин В. И., Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Щербак А. В.* Научная аппаратура КАРБОН, МРТ и СИГМА для проведения космических экспериментов на борту космических аппаратов «Бион-М» № 1 и «Фотон-М» № 4. — Материалы XV конференции по космической биологии и авиакосмической медицине с международным участием «Проект БИОН-М № 1: результаты и перспективы экспериментов и исследований» (Москва, 18–20 ноября 2014г.) (в печати).
17. *Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Кавеленова Л. М., Розно С. В., Рузаева И. В., Рузаева К. С.* Первичные результаты космического эксперимента с семенами редких растений природной флоры на космическом аппарате «Бион-М» № 1. — Материалы XV конференции по космической биологии и авиакосмической медицине с международным участием «Проект БИОН-М № 1: результаты и перспективы экспериментов и исследований» (Москва, 18–20 ноября 2014г.) (в печати).
18. *Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Кавеленова Л. М., Розно С. В., Рузаева И. В., Рузаева К. С.* К начальным результатам космического эксперимента с семенами редких растений природной флоры на космическом аппарате «Бион-М» № 1. — Изв. СамНЦ РАН, 2015, т. 17, № 6, с. 294–298.