

ТЕКСТИЛЬНАЯ ИНДУСТРИЯ В КОСМОСЕ:

ОТ ФАНТАСТИКИ К НАУКЕ

DOI: 10.52174/2579-2989_2026.2-39

Ключевые слова: производство в космосе, умные текстильные материалы, биопечать в космосе, космическая экономика, инновационные материалы, устойчивое производство, космические технологии, биотекстиль, умные материалы, 3D-печать

Одним из наиболее перспективных направлений развития космической индустрии является текстильное производство за пределами Земли. То, что ранее воспринималось как футуристическая идея, в настоящее время приобретает черты устойчивого и экономически значимого сегмента глобальной космической индустрии и постепенно становится реальной частью мировой космической экономики. Если ранее освоение космоса ассоциировалось преимущественно с государственными программами и научно-исследовательскими миссиями, то сегодня наблюдается активное развитие частных инициатив, инновационных бизнес-моделей и промышленных технологий, формирующих основу новой индустрии. Производство и аддитивная печать текстильных материалов в условиях микрогравитации открывают принципиально новые перспективы в медицине, материаловедении и инженерии. Развитие данных технологий способствует приближению концепции самодостаточных орбитальных станций и внеземных поселений, в которых автономное производство материалов и оборудования станет ключевым элементом устойчивого функционирования. Космический «текстиль» представляет собой междисциплинарное направление, объединяющее достижения материаловедения, инженерных наук и исследований человека в условиях невесомости. Для Республики Армения, обладающей развитой научной школой и значительным инженерным потенциалом, участие в развитии космического текстиля может рассматриваться как стратегическое направление технологического



Тереза ШАГРИМАНЯН

Администратор
исследовательского центра
«Амберд»

В 2010 году с отличием окончила Армянский государственный экономический университет по специальности «Государственное и муниципальное управление» кафедры «Управление», а в 2012 году с отличием окончила магистратуру той же специальности и получила степень магистра управления. С 2012–2015 гг. была соискателем кафедры антикризисного управления и управления туризмом. С 2013 года – сотрудник исследовательского центра АГУЭ «Амберд».

Является автором около 30 статей, из которых 4 являются научными публикациями, а одна — коллективной монографией.



<https://orcid.org/0000-0001-8888-045X>

роста и расширения международного научно-технического сотрудничества, в том числе в партнёрстве с Российской Федерацией. Таким образом, развитие космического текстиля отражает переход от научной фантастики к практической реальности: формируется новая отрасль, в рамках которой наука, технологии, дизайн и космос интегрируются в целях формирования устойчивого и инновационного будущего человечества.

В XXI веке человечество вступает в новую фазу промышленного развития, где границы между Землёй и космосом постепенно стираются. В целом, индустрия в космосе развивается как «новая экономика», где соединяются высокие технологии, предпринимательство и глобальные интересы (рис. 1). Многие эксперты сравнивают её с началом интернет-эры — рынок ещё в начале пути, но его потенциал огромен. Космическая индустрия входит в фазу, когда многие прежние «научные фантазии» могут стать бизнесом — фармацевтика на орбите, орбитальные станции, спутниковый интернет, наблюдение Земли, добыча ресурсов. При этом ключ к успеху — снижение стоимости, надёжность, правовое оформление и устойчивость.

В 2021 году глобальная космическая экономика оценивалась в около \$447 млрд¹, а в 2024 году — примерно в \$421 млрд². К 2029 году этот рынок может превысить \$511 млрд при ежегодном росте около 4% (CAGR) благодаря росту числа спутников на низкой околоземной орбите, спросу на услуги по наблюдению Земли, навигации и спутниковой связи³. По прогнозам Morgan Stanley, к 2040 году она может достичь \$1 трлн и более. По оценке Всемирного экономического форума (WEF) и McKinsey, к 2035 году мировая космическая экономика может вырасти до \$1,8 трлн. McKinsey & Company+2, World Economic Forum+2 Citi прогнозирует, что к 2040 году индустрия может достичь \$1 трлн в годовых доходах, особенно если удастся значительно сни-

зить стоимость запусков. Основной драйвер роста — миниатюризация технологий, снижение цен на запуск и рост спроса на спутниковые данные⁴.

Развитие космической индустрии сопровождается рядом серьёзных вызовов и рисков. Ключевыми остаются политические и геополитические факторы: экспортные ограничения, санкции и противоречия национальных интересов могут препятствовать коммерческому расширению и внедрению инновационных проектов. Технические и экономические сложности также значительны. Стоимость запуска и эксплуатации космической инфраструктуры остаётся высокой, что ограничивает доступность и масштабирование проектов. Даже запуск небольшой капсулы требует тщательного планирования, значительных ресурсов и надёжной логистики. Дополнительные риски связаны с новыми рынками и технологиями: непредсказуемость коммерческого спроса на космические услуги, включая туризм, развлечения, моду и производство в космосе, требует осторожного подхода к инвестированию. Наконец, безопасность и долговечность оборудования в условиях космоса — микрогравитации, радиации и экстремальных температур — остаются критически важными аспектами, влияющими на устойчивость и надёжность новых инициатив (рисунок 2).

Тенденции, движущие рост

Использование многоразовых ракет, оптимизированных конструкций и более дешёвых материалов значительно снижают барьеры входа в космическую индустрию,

¹ По данным Space Foundation)

² GlobalData. (2024). Global space economy to surpass \$511 billion by 2029. GlobalData Strategic Intelligence. <https://www.globaldata.com/media/thematic-research/global-space-economy-market-surpass-511-billion-2029-forecasts-globaldata>

³ Ibid

⁴ CNBC (2022, May 21). The space industry is on its way to \$1 trillion in revenue by 2040, Citi says. CNBC. <https://www.cnbc.com/2022/05/21/space-industry-is-on-its-way-to-1-trillion-in-revenue-by-2040-citi.html>

проводить исследования, принимать туристов, предоставлять коммерческие услуги на орбите.

Наиболее острыми проблемами остаются наличие космического мусора, мешающего управлению трафиком на орбите, а также правовые аспекты владения ресурсами, права на использование орбит, интеллектуальную собственность, сертификацию продукции, производимой в космосе и др.

Инвестиционные риски проявляются в высоких первоначальных расходах, технологических рисках, длинном сроке окупаемости.

Стартап Varda, основанный в 2021 году, фокусируется на промышленном производстве на орбите — прежде всего фармацевтики и материалов, для которых условия микрогравитации дают преимущество. В 2024 году Varda закрыла раунд финансирования Series B на \$90 млн после успешного возвращения капсулы, которая в орбите производила вещества/структуры, полезные в фармацевтике. Крупная европейская компания OHB SE (Германия) занимается производством космических систем, сегментов ракет-носителей, спутников, а также обработкой данных, получаемых со спутников.

Одним из наиболее перспективных направлений этой эволюции становится развитие текстильной индустрии за пределами Земли. Современные исследования в области материаловедения, биоинженерии и аддитивного производства открывают возможность создания тканей и волокон, способных функционировать в экстремальных условиях космической среды⁷. Текстиль — одно из самых древних изобретений человечества, но в космосе он превращается в высокотехнологичный материал будущего и приобретает стратегическое значение. В условиях вакуума, радиации и микрогравитации он становится не просто тканью, а высокотехнологичным элементом безопасности, жизнеобеспечения и инженерных решений.

Развитие космического «текстиля» связано с историей освоения космоса. Первые материалы для скафандров создавались в 1960-х годах для программ Mercury и Apollo, когда требования к прочности и термостойкости были крайне высоки. Позднее появились многослойные термозащитные конструкции, устойчивые к радиации и микрометеоритам. Современные исследования направлены на создание умных тканей и биотекстиля, пригодного для длительных космических миссий⁸. С самого начала космической эры «текстиль» использовался для создания скафандров, парашютных систем и изоляционных покрытий. Современные материалы, такие как арамидные волокна, тефлоновые и углеродные ткани, обеспечивают защиту космонавтов от экстремальных температур, микрометеоритов и космической радиации.

Текстиль также применяется в теплоизоляции спутников, надувных модулях (надувных конструкций для будущих лунных баз), внутренней отделки орбитальных станций (шумоизоляция, терморегуляция) и фильтрационных системах орбитальных станций. В последние годы развиваются «умные ткани», способные изменять структуру, регулировать температуру, вырабатывать электричество и даже восстанавливаться после повреждений.

Технологии космической печати тканей превращают традиционный текстиль в инновационный, функциональный и философски значимый материал, открывая новые горизонты для человечества. Печать тканей в космосе — перспективное направление, которое соединяет науку, технологии и творчество. В будущем эти технологии могут быть применены для:

- создания функциональной одежды и обивки космических станций;
- строительства самодостаточных колоний на Луне и Марсе;
- печати живых тканей для медицинских нужд на орбите и планетах;
- создания уникального дизайнерского текстиля.

⁷ Mao, Y., et al. (2024). In-space manufacturing technologies: Materials, processes, and future applications. *Acta Astronautica*, 216, 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2024>

⁸ Ibid

Идея создавать материалы в условиях микрогравитации появилась вместе с развитием 3D-печати. В 2014 году американская компания Made In Space (ныне Redwire Space) впервые отправила 3D-принтер на Международную космическую станцию (МКС) для изучения возможности создания объектов прямо в космосе и уменьшения зависимости от доставки материалов с Земли. В 2018 году на МКС был установлен российский биопринтер «Орган.Авт», который впервые напечатал живые хрящевые ткани человека и ткани щитовидной железы мыши. Эксперимент показал уникальные возможности микрогравитации для биопринтинга: структуры тканей формировались более равномерно, без деформации под собственным весом, с улучшением равномерности на 50–70% по сравнению с Землёй (данные российских и американских экспериментов). 3D-печать создаёт объекты с высокой точностью и сложной структурой, от декоративных элементов до функциональных материалов. Биопринтинг используется для создания живых тканей и клеточных конструкций; в микрогравитации структуры формируются равномернее, что открывает перспективы для медицины будущего. Эксперименты на МКС продемонстрировали, что биотекстиль — материалы на основе бактериальной наноцеллюлозы — может стать устойчивой альтернативой синтетическим тканям⁹. В 2024 году были проведены первые успешные опыты по 3D-печати анатомически релевантных биотканей на борту МКС¹⁰.

NASA продолжает исследования металлических и умных композитных тканей для космических станций и скафандров. NASA разработала металлические ткани с несколькими функциями: отражение и поглощение тепла, гибкость и прочность, что позволяет использовать их для защиты

космических аппаратов и скафандров астронавтов. Также развиваются энерго-независимые текстильные системы с беспроводной передачей данных¹¹. Графеновые ткани и пьезоэлектрические волокна обеспечивают высокую прочность, термостойкость и радиационную защиту¹².

В 2025 году индийская компания Agnikul Cosmos, открывшая первую частную фабрику для 3D-печати компонентов ракет, демонстрирует потенциал адаптации технологий для космических тканей и материалов.

Главные направления дальнейших исследований включают:

- испытания материалов в реальных условиях космоса, включая радиацию и вакуум;
- интеграцию сенсорных, терморегулирующих и защитных функций в единую текстильную систему;
- экологичность и устойчивое производство, включая возможность выращивания материалов на орбите или других планетах¹³;
- разработку норм и стандартов безопасности, гарантирующих надёжность материалов при контакте с телом человека.

Преимуществами печати тканей в космосе являются:

- Уникальные структуры: отсутствие гравитации позволяет создавать материалы с уникальными свойствами и структурами, которые невозможно получить на Земле.
- Экономия ресурсов: печать объектов по мере необходимости снижает потребность в доставке материалов с Земли, что экономит ресурсы и время.
- Новые возможности для медицины: создание живых тканей и органов может революционизировать подхо-

⁹ Rezapour Sarabi et al., 2023; Microbial nanocellulose biotextiles for a circular materials economy, 2022

¹⁰ Klarmann et al., 2024; 3D Bioprinting Meniscus Tissue Onboard the International Space Station, 2024

¹¹ Xu, Y., et al. (2025). In-space manufacturing: Technologies, applications, and future prospects. *Progress in Aerospace Sciences*, 145, 100939. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2025>

¹² MIT Space Systems Laboratory. (2024). MISSE: Materials International Space Station Experiment—Overview and results. Massachusetts Institute of Technology. <https://ssl.mit.edu/misse>

¹³ Manaia, J. L., et al. (2023). Advanced materials and manufacturing processes for space applications. *Materials Today*, 63, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2023>

- Дизайн и эстетика: уникальные текстуры и узоры вдохновляют дизайнеров и художников, создавая новые направления в моде и интерьере.

Сегодня ведутся разработки так называемого «умного текстиля», который способен изменять цвет, регулировать температуру, генерировать энергию и даже восстанавливаться после повреждений. Эти технологии открывают путь к новым поколениям скафандров и внеземных поселений.

Современные «умные материалы» включают материалы с памятью формы, хромические покрытия и гибкие полимеры, способные регулировать температуру, сопротивляться износу и обеспечивать комфорт в невесомости¹⁴.

Космическая отрасль в странах постсоветского пространства исторически наследует советскую школу ракетостроения и пилотируемой космонавтики. Несмотря на санкции, сокращение экспортных рынков и необходимость модернизации, отрасль сохраняет значимые компетенции и остаётся важным игроком мировой индустрии.

Современные космические материалы (рис. 3) включают:

- Биотекстиль на основе бактериальной nanoцеллюлозы: устойчивый и экологичный материал¹⁵.
- Металлические ткани: отражение и поглощение тепла, гибкость и прочность, защита скафандров и космических аппаратов¹⁶.
- Графеновые и пьезоэлектрические волокна: прочность, термостойкость и радиационная защита¹⁷.
- Материалы с памятью формы, хромические покрытия и гибкие поли-

меры: регулировка температуры, износостойкость и комфорт в невесомости¹⁸.

Эти технологии могут быть адаптированы для армянских лабораторий и стартапов в области высокотехнологичных материалов.

В области космических технологий Армения имеет уникальный научный и образовательный потенциал. Институт физики НАН Армении и Физико-технический институт обладают опытом в исследованиях материалов, нанотехнологий и физики высоких энергий. Развитие ИТ и стартап-среды в Армении позволяет интегрировать космические технологии в промышленное производство. Возможна локальная разработка прототипов умных материалов, биотекстиля и 3D-печати для аэрокосмической отрасли. Армения может развивать собственную экосистему космического текстиля, сочетая науку, образование и инновации. Такое направление создаст новые рабочие места, повысит экспортный потенциал и укрепит международный имидж страны.

Основные шаги:

1. Создание научно-производственных лабораторий в университетах (например, в НПУА и ЕГУ);
2. Создание умных тканей для скафандров и космических костюмов с использованием локальных разработок. Внедрение 3D-ткацких технологий и роботизированных систем;
3. Биотекстиль и медицинские материалы: выращивание тканей и клеточных конструкций для телемедицины и космических миссий. Разработка базальтовых и нанополимерных волокон, подходящих для космоса;
4. Дизайн и искусство: сочетание

¹⁴ Omar, M. A., et al. (2024). Economic and technological feasibility of orbital manufacturing systems. *Space Policy*, 69, 101595. <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2024>.

¹⁵ Rezapour Sarabi, A., et al. (2023). Space-based manufacturing and materials processing under microgravity conditions: Challenges and opportunities. *Acta Astronautica*, 210, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2023>

¹⁶ NASA. (2025). Advances in in-space manufacturing and assembly technologies. NASA Technical Reports Server (NTRS). <https://ntrs.nasa.gov>

Xu, Y., et al. (2025). In-space manufacturing: Technologies, applications, and future prospects. *Progress in Aerospace Sciences*, 145, 100939. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2025>

¹⁷ MIT Space Systems Laboratory. (2024). MISSE: Materials International Space Station Experiment—Overview and results. Massachusetts Institute of Technology. <https://ssl.mit.edu/misse>

¹⁸ Omar, M. A., et al. (2024). Economic and technological feasibility of orbital manufacturing systems. *Space Policy*, 69, 101595. <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2024>.

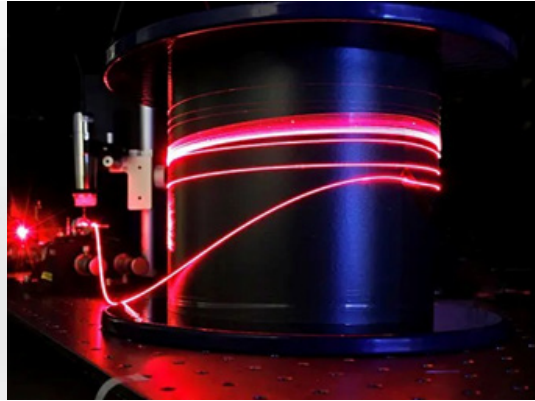
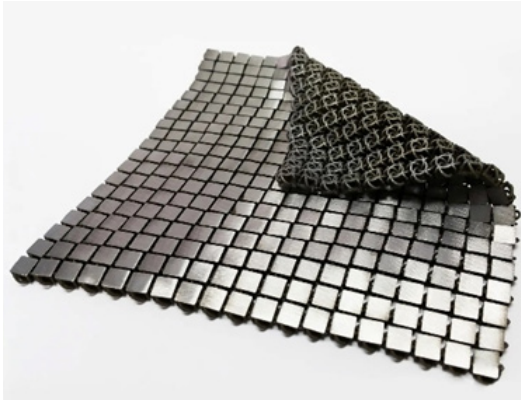


РИСУНОК 3

Примеры современных космических материалов

традиционного армянского текстиля с умными материалами для создания уникальных изделий.

5. Образование и научные кадры: подготовка специалистов в области космических материалов, аддитивного производства и биотехнологий. Привлечение молодых специалистов через стартап-индустрию и грантовые программы.

Армения может сосредоточиться на разработке новых типов сырья, которое удобно использовать в невесомости:

- нанопорошки, жидкие полимеры, биотекстиль (материалы на основе белков и водорослей);
- армянские базальтовые микроволокна, подходящие для 3D-печати в условиях орбиты.

Такое сырьё можно экспортировать и использовать в международных космических миссиях — на орбитальных фабриках или будущих лунных базах. Армянские инженеры и учёные могут участвовать в создании автоматизированных систем, роботов и 3D-принтеров, способных изготавливать «текстильные» материалы в невесомости.

Например:

- 3D-печать волокон и тканей из полимеров, которые доставляются в компактном виде,

- нанопроизводство термостойких нитей прямо на орбитальных станциях,
- создание умных текстильных структур для защиты оборудования от радиации и микрометеоритов.

Такие технологии уже исследуются в России (например, проект «Мануфактура на орбите») — и Армения может вступить в эти программы как партнёр-разработчик.

Армения обладает сильным научным потенциалом в физике, химии и материаловедении, а также растущей экосистемой инновационных стартапов. Это создаёт благоприятные условия для формирования собственной космической «текстильной» индустрии.

Создание исследовательских лабораторий при университетах, разработка нанотканей и термостойких волокон, а также внедрение инновационных технологий 3D-печати могут стать основой новой отрасли. Такие проекты способны привлечь молодых специалистов и инвесторов, стимулируя развитие научной инфраструктуры страны.

Россия является одним из мировых лидеров в этой сфере. Производящих «текстиль» для и прямо в космосе. В НПО «Звезда», НИИ технического текстиля и на предприятиях вроде «Каменскволокно»

²² GlobalData. (2024). Global space economy to surpass \$511 billion by 2029. GlobalData Strategic Intelligence. <https://www.globaldata.com/media/thematic-research/global-space-economy-market-surpass-511-billion-2029-forecasts-globaldata>

²³ Ibid

создаются ткани для космических скафандров, парашютов и защитных покрытий кораблей «Союз», «Ангара» и других аппаратов.

Российские скафандры «Орлан» и «Сокол» состоят из десятков слоёв тканей, каждая из которых выполняет свою функцию: герметичность, термозащиту, отражение излучения, механическую прочность. Кроме того, ведутся исследования нанотканей, углеродных композитов и самовосстанавливающихся материалов, предназначенных для будущих миссий на Луну и Марс.

Современные исследования направлены на создание: нанотекстиля и композитов, термостойких волокон нового поколения, самовосстанавливающихся материалов для долговременных миссий.

Армения и Россия могут объединить усилия и ускорить развитие космического текстиля. Основными направлениями сотрудничества могут стать:

- Совместные научные исследования — создание совместных лабораторий и проектов по разработке нанотканей и радиационно-защитных материалов;
- Образовательные программы — обмен студентами и специалистами, стажировки, организация магистратур по космическим технологиям, обмен кадрами;
- Инновационные стартапы — формирование технопарков и инкубаторов, где будут разрабатываться новые типы тканей для скафандров и спутников; Например «SpaceTextile Armenia–Russia»;
- Производственная кооперация — создание совместных предприятий и испытательных центров в Армении; выпуск отдельных компонентов в Армении (внутренние слои скафандров, фильтрационные ткани, базальтовые волокна);
- Международное участие — участие обеих стран в программах в рамках ЕАЭС, ESA и будущих миссий «Луна-27».

Такое партнёрство позволит объединить российский опыт и армянскую креатив-

ность, создавая новые технологии на уровне Евразийского космического пространства.

Россия планирует развивать новое поколение орбитальных станций (РОС), где будут проводиться промышленные эксперименты — включая изготовление тканей и материалов в условиях невесомости.

Армения может:

- участвовать в научных экспериментах на борту станции (через университетские проекты),
- поставлять миниатюрные модули или приборы для исследования структуры волокон в микрогравитации,
- разрабатывать сенсорные системы и ИИ-программы для контроля за процессом ткачества в космосе.

Армения может вступить в совместные исследовательские консорциумы вместе с Россией, Европейским космическим агентством (ESA) и стартапами вроде Redwire Space (США), которые уже печатают материалы на МКС.

Армянские учёные могут заниматься:

- моделированием поведения текстиля в микрогравитации,
- анализом свойств волокон после космического облучения,
- разработкой лёгких «умных» тканей для использования на Луне и Марсе.

В будущем Армения может создать свой научно-технологический модуль на совместной орбитальной станции (например, в рамках ЕАЭС или СНГ), где будут проводиться эксперименты по производству текстиля, наноматериалов и композитов.

Это укрепит роль страны как регионального центра космических материаловедения.

Возможные направления развития для Армении:

- разработка роботов и 3D-принтеров для создания тканей в невесомости;
- участие в российских проектах по производству материалов на будущей Российской орбитальной станции (РОС);
- создание миниатюрных приборов и сенсорных систем для контроля

- качества волокон на орбите;
- поставка армянских нанополимеров и базальтовых микроволокон как сырья для космических производств;
- моделирование поведения текстиля в микрогравитации и радиационной среде.

В долгосрочной перспективе Армения может создать свой исследовательский модуль в рамках совместной станции ЕАЭС или СНГ, где будут проходить эксперименты по производству текстиля, наноматериалов и защитных покрытий.

Современные космические программы вступают в новую фазу — этап производства материалов и оборудования непосредственно в космосе, без необходимости их доставки с Земли. Это направление, известное как *in-space manufacturing*, становится одним из наиболее перспективных в мировой космической экономике.

Россия уже проводит эксперименты в данной области, что открывает возможности для сотрудничества с Арменией, обладающей значительным научно-техническим потенциалом, инженерными кадрами и развивающейся инновационной экосистемой.

Особое место в этом контексте занимает космический «текстиль» — междисциплинарная область, соединяющая материалыедение, инженерию и дизайн. Современные исследования в этой сфере направлены на разработку «умных» и биоадаптивных тканей, устойчивых к экстремальным

условиям космоса. Такие материалы применимы для защиты космонавтов, устройства орбитальных модулей, а также создания элементов автономных систем жизнеобеспечения.

Развитие космического текстиля способствует формированию новой философии устойчивого производства, где границы между модой, наукой и технологией стираются. Использование 3D-печати, биопринтинга и интеллектуальных материалов расширяет возможности космической инженерии и открывает новые горизонты для промышленного применения на Земле.

Для Армении участие в проектах по *in-space manufacturing* в сотрудничестве с Россией представляет собой стратегическую возможность интеграции в глобальную космическую индустрию. Это направление способно стимулировать развитие национальной науки, повысить технологическую независимость, создать новые рабочие места и укрепить международный имидж страны как участника передовых научных инициатив.

Таким образом, космический текстиль перестаёт быть элементом научной фантастики и превращается в реальный инструмент развития новой орбитальной экономики, где производство и инновации происходят непосредственно в космосе, а их результаты формируют основу будущего человечества.



ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. “Recent Developments in Space Suits Textiles Using Smart Materials.” (2024). *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 21(3), 227–238. DOI:10.21608/jtpps.2024.305650.1385 EKB Journals
2. “Starweave: Sensing-enabled flame-resistant smart textiles for the next generation of space garments.” (2025). European Space Agency – Activities Portal.
3. Carter, J., & Nguyen, L. (2025). Smart textiles for extraterrestrial habitats: Challenges and opportunities. *Frontiers in Materials*, 12, 1123.
4. CNBC. (2022, May 21). The space industry is on its way to \$1 trillion in revenue by 2040, Citi says. <https://www.cnbc.com/2022/05/21/space-industry-is-on-its-way-to-1-trillion-in-revenue-by-2040-citi.html>
5. Colosimo, B. M., Costantini, M., & Margarita, A. (2023). 3D bioprinting in microgravity: Opportunities, challenges, and possible applications in space. *Advances in Health Care Materials*. 12(23), 2300443. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11468760/> PMC
6. Ghidini, T. (2023). Regenerative medicine and 3D bioprinting for human space exploration and planet colonisation. *Journal of Thoracic Disease*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30123576/> PubMed+1
7. GlobalData. (2024). Global space economy to surpass \$511 billion by 2029. <https://www.globaldata.com/media/thematic-research/global-space-economy-market-surpass-511-billion-2029-forecasts-globaldata>
8. Johnson, P., et al. (2024). Thermal and mechanical testing of graphene-enhanced space fabrics. *Advanced Space Materials*, 8(2), 45–59.
9. Khrunichev Center. (2023). Angara launch vehicles. <http://www.khrunichev.com/main.php?id=1&lang=en>
10. Klarmann, G. J., Rogers, A. J., Gilchrist, K. H., & Ho, V. B. (2024). 3D bioprinting meniscus tissue onboard the International Space Station. *Life Sciences in Space Research*, 43, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2024.09.004>
11. Lee, C., & Kim, H. (2025). Biodegradable polymers for space applications: A review. *International Journal of Polymer Science*, 2025, Article ID 987654.
12. Manaia, J. P., Cerejo, F., & Duarte, J. (2023). Revolutionising textile manufacturing: A comprehensive review on 3D and 4D printing technologies. *Fashion and Textiles*, 10, 20.
13. Manuf. Mater. Process. (2025). In-Space Manufacturing: Technologies, Challenges, and Future Horizons. 9(3), 84. <https://doi.org/10.3390/jmmp9030084> MDPI
14. Mao, Y., et al. (2024). In-space manufacturing technologies: Materials, processes, and future applications. *Acta Astronautica*, 216, 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2024>
15. Microbial nanocellulose biotextiles for a circular materials economy. (2022). *Environmental Science: Advances*.
16. MIT MISSE Project. (2024). Smart fibers in space – Testing piezoelectric fibers on ISS. ISS National Laboratory Report.
17. MIT Space Systems Laboratory. (2024). MISSE: Materials International Space Station Experiment—Overview and results. Massachusetts Institute of Technology. <https://ssl.mit.edu/misse>
18. Morgan Stanley. (2024). The New Space Economy. Retrieved from <https://www.morganstanley.com/Themes/global-space-economy>
19. NASA. (2025). Advances in in-space manufacturing and assembly technologies. NASA Technical Reports Server (NTRS). <https://ntrs.nasa.gov>
20. Omar, H., et al. (2024). Recent developments in space suits textiles using smart materials. *Journal of Textile & Clothing Science*, 21(3), 227–238.
21. Omar, M. A., et al. (2024). Economic and technological feasibility of orbital manufacturing systems. *Space Policy*, 69, 101595. <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2024>
22. PwC+1, <https://www.pwc.com/us/en/industries/industrial-products/library/space-industry-trends..com>
23. Rezapour Sarabi, A., et al. (2023). Space-based manufacturing and materials processing under microgravity conditions: Challenges and opportunities. *Acta Astronautica*, 210, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2023>
24. Rezapour Sarabi, M., Yetisen, A. K., & Tasoglu, S. (2023). Bioprinting in microgravity. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 9(6), 3074–3083.
25. RSC Energia. (2023). Official reports. Retrieved from <https://www.energia.ru/en/>
26. S7 Space. (2023). Company overview. Retrieved from <https://s7space.ru/>
27. Smith, R., & Brown, T. (2023). Advances in smart textile systems for astronaut

- protection. Journal of Aerospace Materials, 12(4), 211–230.
28. Space Foundation. (2023). Annual report 2023. Retrieved from https://www.spacefoundation.org/wp-content/uploads/2024/03/SpaceFoundation_2023-Annual-Final-Web.pdf
29. Tanaka, Y., & Saito, M. (2023). Adaptive materials for long-duration space missions. Progress in Aerospace Sciences, 136, 101000.
30. TsSKB-Progress. (2023). Soyuz launch vehicles. Retrieved from <https://www.samspace.ru/>
31. Xu, Y., et al. (2025). In-space manufacturing: Technologies, applications, and future prospects. Progress in Aerospace Sciences, 145, 100939.
- <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2025>
32. Xu, Z., et al. (2025). BIT: Battery-free, IC-less and wireless smart textile interface and sensing system. arXiv:2504.09558.
33. Yang, D., Nam, H. K., Lee, Y., Kwon, S., Lee, J., Yoon, H., & Kim, Y.-J. (2025). Laser-induced graphene smart textiles for future space suits and telescopes. Advanced Functional Materials, 35(1).
- <https://doi.org/10.1002/adfm.202411257>
34. Yuzhmash. (2023). Pivdenmash enterprise. Retrieved from <https://www.yuzhmash.com/en/>
35. Zhang, L., Wang, X., & Li, Y. (2024). Nano-structured textiles for extreme environments in space. Materials Today, 61, 125–138.

ԹԵՐԵԳԱ ՇԱՀՐԻՄԱՆՅԱՆ

«Ամբերդ» հեղափոխական կենտրոնի տնօրենի օգնական, ՀՊՏՀ

ԿՐԹՈՒԹՅՈՒՆ, ՆՈՐԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ, ԳԻՏԵԼԻԲ

ՏԵՔՍՏԻԼԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆ ՏԻԵԶԵՐՔՈՒՄ՝ ՖԱՆՏԱՍՏԻԿԱՅԻՑ ԴԵՊԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Ժամանակակից տիեզերական զարգացման ամենահեռանկարային և հետաքրքիր ոլորտներից մեկը տեքստիլի արտադրությունն է Երկրից դուրս: Նախկինում դա ընկալվում էր որպես ֆուտուրիստական գաղափար, սակայն այսօր աստիճանաբար ստանում է համաշխարհային տիեզերական արդյունաբերության կայուն և, տնտեսական տեսանկյունից, նշանակալի հատվածի հատկանիշներ ու դառնում համաշխարհային տիեզերական տնտեսության անքակտելի բաղադրիչ: Մինչ այժմ՝ տիեզերքի ուսումնասիրությունը հիմնականում զուգորդվել է պետական ծրագրերի և գիտահետազոտական առաքելությունների հետ, սակայն ներկայում ակնհայտ է մասնավոր նախաձեռնությունների, նորարարական բիզնես մոդելների և առաջադեմ արդյունաբերական տեխնոլոգիաների արագ զարգացումը, որը հիմք է ստեղծում նոր ուղեծրային արդյունաբերական էկոհամակարգի համար: Միկրոգրավիտացիայի պայմաններում տեքստիլ նյութերի արտադրությունն ու հավելյալ տպագրությունը բացում են նոր, հիմնարար հնարավորություններ բժշկության, նյութագիտության և ճարտարագիտության ոլորտներում: Այս տեխնոլոգիական առաջընթացը նպաստում է ինքնաբավ ուղեծրային կայանների և արտաերկրային բնակավայրերի հիմնադրմանը, որտեղ նյութերի և սարքավորումների ինքնավար արտադրությունը դառնում է երկարաժամկետ կայուն գործունեության առանցքային տարր: Տիեզերական «տեքստիլը» միջառարկայական ոլորտ է, որը միավորում է նյութաբանության, ճարտարագիտության հետազոտությունների նվաճումները զրոյական գրավիտացիայի միջավայրում: Հայաստանի Հանրապետության համար, որն ունի զարգացած գիտական դպրոց և ճարտարագիտական զգալի ներուժ, տիեզերական «տեքստիլի» զարգացման մեջ ներգրավվածությունը կարող է դիտվել որպես ռազմավարական ուղի տեխնոլոգիական առաջընթացի և գիտահետազոտական ու տեխնիկական միջազգային համագործակցության ընդլայնման համար, այդ թվում՝ Ռուսաստանի Դաշնության հետ գործընկերությամբ: Ընդհանուր առմամբ, տիեզերական «տեքստիլի» զարգացումը արտացոլում է անցումը գիտաֆանտաստիկայից դեպի գործնական իրականություն՝ ստեղծելով նոր արդյունաբերություն, որտեղ գիտությունը, տեխնոլոգիաները, դիզայնը և տիեզերքը միաձուլվում են՝ ապահովելու մարդկության համար կայուն և նորարարական ապագա:

Հիմնաբառեր. ուղեծրային արտադրություն, խելացի տեքստիլ նյութեր, տիեզերական տնտեսություն, նորարարական նյութեր, կայուն արտադրություն, տիեզերական տեխնոլոգիաներ, կենսատեքստիլ, խելացի նյութեր, 3D տպագրություն

Tereza SHAHRIMANYAN

Administrator at the «Amberd» Research Center, ASUE

EDUCATION, INNOVATION, KNOWLEDGE

SPACE TEXTILE INDUSTRY: FROM SCIENCE FICTION TO SCIENCE

One of the most promising directions of contemporary space development is textile manufacturing beyond Earth. What was previously perceived as a futuristic concept is now increasingly taking shape as a stable and economically significant segment of the global space industry, gradually becoming an integral part of the world space economy. While space exploration was traditionally associated primarily with government-led programs and scientific missions, the current landscape is characterized by the rapid growth of private initiatives, innovative business models, and advanced industrial technologies that collectively lay the foundation for a new orbital industrial ecosystem. The production and additive manufacturing of textile materials under microgravity conditions open fundamentally new opportunities in medicine, materials science, and engineering. These technological advancements contribute to the realization of self-sustaining orbital stations and extraterrestrial settlements, where autonomous manufacturing of materials and equipment will constitute a critical element of long-term operational sustainability. Space textiles represent a highly interdisciplinary field, integrating achievements from materials science, engineering, and human-centered research in microgravity environments. For the Republic of Armenia, with its strong scientific tradition and considerable engineering potential, participation in the development of space textiles may serve as a strategic pathway for technological advancement and expanded international scientific and technological cooperation, particularly through partnerships with the Russian Federation. Overall, the development of space textiles reflects a transition from science fiction to practical reality, giving rise to a new industrial domain in which science, technology, design converge with space exploration to support a sustainable and innovative future for humanity.

Key words:

in-space manufacturing, smart textiles, space bioprinting, space economy, innovative materials, sustainable production, space technologies, biotextiles, intelligent materials, 3D printing