

УДК 613.693:612

ВКЛАД АКАДЕМИКА А.И. ГРИГОРЬЕВА В РАЗВИТИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ И КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

© 2024 г. О. И. Орлов^а, *, А. Н. Потапов^а, **

^аГосударственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, 123007 Москва

*e-mail: orlov@imbp.ru

**e-mail: potapov@imbp.ru

Поступила в редакцию 20.05.2024 г.

После доработки 25.05.2024 г.

Принята к публикации 28.05.2024 г.

Выдающийся физиолог академик Анатолий Иванович Григорьев оставил яркий след в отечественной физиологии и космической медицине. Действительный член Российской академии наук (1997), Российской академии медицинских наук (1993), член Президиума РАН (2001–2017), Вице-президент РАН (2008–2017), академик-секретарь отделения биологических наук РАН (2002–2009), член Бюро Совета РАН по космосу, член Бюро отделения физиологических наук РАН, доктор медицинских наук (1980), профессор (1986), заслуженный деятель науки (1996), директор (1988–2008) и научный руководитель (2008–2023) Института медико-биологических проблем – важные вехи жизненного пути в науке А.И. Григорьева.

Ключевые слова: Институт медико-биологических проблем, космические полеты, водно-солевой обмен, невесомость и ее моделирование, система медицинского обеспечения, гипокинезия, концепция здоровья, внедрение достижений в практическую медицину

DOI: 10.31857/S0301179824020075 EDN: CGQXCN



Рис. 1. С академиком О.Г. Газенко на конференции по космической медицине.

ВВЕДЕНИЕ

Анатолий Иванович Григорьев в 1966 г. окончил второй Московский медицинский институт им. Н.И. Пирогова по специальности “врач-лечебник”, где прошел подготовку у известных урологов. В том же году поступил в аспирантуру Института медико-биологических проблем МЗ СССР. Работая под руководством академика В.В. Парина, в 1970 г. защитил кандидатскую, а в 1980 г. – докторскую диссертации, основой которых послужили исследования регуляции водно-электролитного обмена и функции почек в космическом полете. Большую роль в профессиональном формировании А.И. Григорьева сыграли видные представители физиологической школы И.П. Павлова – академики Ю.В. Наточин и О.Г. Газенко, ставшие впоследствии для Анатолия Ивановича не только мудрыми наставниками, но и добрыми старшими товарищами (рис. 1 и 2).

Сокращения: КП – космический полет, АНОГ – антиортостатическая гипокинезия, ОС – орбитальная станция, СМО – система медицинского обеспечения, МКС – международная космическая станция



Рис. 2. В Президиуме Российской академии наук. Слева направо: академики Ю.В. Наточин, А.И. Григорьев, Р.В. Петров.

У ИСТОКОВ ГРАВИТАЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Совокупность различных уровней гравитации, действующих на организм человека в условиях космического полета (КП), в первую очередь невесомости, поставила вопрос о роли гравитационного фактора в функционировании живых систем. Со временем сформировалась необходимость создания новой научной дисциплины – гравитационной физиологии, задачей которой является изучение влияния различных по величине гравитационных воздействий на живые организмы, функциональные системы и органы, клеточные и субклеточные структуры.

Наибольшее внимание при этом уделялось изучению воздействия на организм невесомости. Уже в первых КП при воздействии невесомости были выявлены существенные изменения в гравитационно-зависимых системах организма – сердечно-сосудистой, сенсорной, мышечной и костной, совокупность которых сформировала основу гравитационной физиологии и послужила основанием для дальнейших исследований в этой области.

Физиологические исследования в условиях невесомости и ее моделирования позволили по-новому взглянуть на проблему сенсорного обеспечения двигательных функций, выяснить роль опорной афферентации в деятельности двигательной системы и определить структурно-функциональные перестройки двигательного аппарата. Изменения в этих системах в совокупности определяются как “гипогравитационный двигательный синдром” [29, 32].

Значительное число работ А.И. Григорьев посвятил изучению влияния невесомости и ее наземных моделей на организм человека, и по существу он является одним из основоположников гравитационной физиологии. С 1992 по 2007 г. он был членом Комиссии по гравитационной физиологии Международного Союза физиологических наук, активно участвовал в работе международных конференций и Комиссии по гравитационной физиологии и опубликовал ряд фундаментальных работ в *Journal of Gravitational Physiology*.

А.И. Григорьев придавал большое значение проведению в КП фундаментальных биологических исследований с использованием объектов различного эволюционного уровня. Будучи с 2008 г. руководителем проекта “БИОН”, он лично участвовал в проведении уникальных экспериментов на макаках-резусах в четырех полетах биоспутников. Под его руководством также были проведены эксперименты с рептилиями, амфибиями, моллюсками и микроорганизмами в полетах космических аппаратов “ФОТОН”. В экспериментах по программе “БИОН” изучались особенности и механизмы адаптации различных организмов к условиям невесомости [14].

В 1996 г. А.И. Григорьеву и коллективу сотрудников ИМБП была присуждена Премия Правительства России за работу “Основные результаты биологических и физиологических исследований в полетах аппаратов “БИОН” (1973–1993) и их использование в практике космической медицины”.

Исследования на биоспутниках позволили определить универсальную роль гравитации в онтогенезе и функционировании систем организма различных животных [14]. В целом биологические исследования на животных в полетах на аппаратах “БИОН” позволили разработать оптимальную стратегию освоения человеком космического пространства и получить основополагающие данные для формирования космической биологии и гравитационной физиологии.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО ОБМЕНА

При воздействии невесомости происходит перераспределение крови в краниальном направлении и изменение общей и почечной гемодинамики и продукции волюморегулирующих гормонов, что приводит к отрицательному вод-

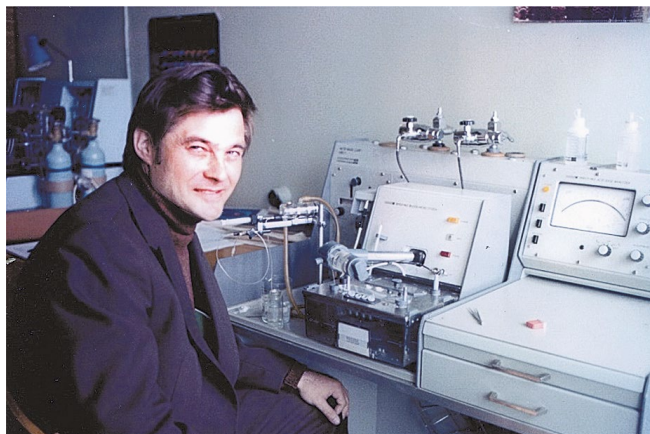


Рис. 3. А.И. Григорьев – старший научный сотрудник лаборатории “Регуляция водно-солевого обмена и функции почек”.

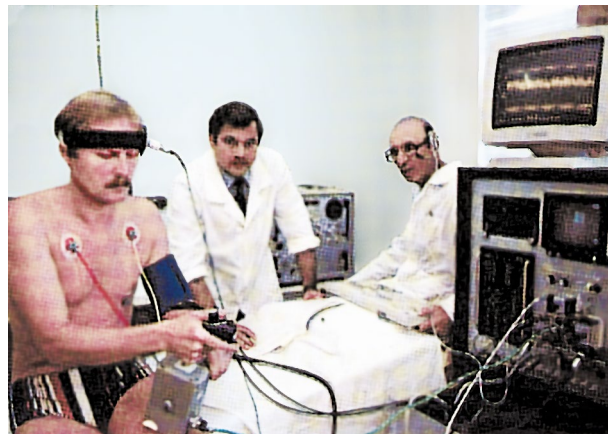


Рис. 4. Медицинское обследование врача-космонавта Г.С. Арзамазова проводят А.И. Григорьев и О.Г. Газенко.

ному балансу, а также формированию водно-солевого гомеостаза с отрицательным балансом ионов калия, кальция и фосфора, обусловленными уменьшением их приема с пищей, усиленной экскрецией ионов и подавлением механизмов их депонирования [5–6].

К числу значительных научных достижений А.И. Григорьева, имеющих общетеоретическое значение, относятся выявление изменений в условиях микрогравитации чувствительности исполнительных органов к биологически активным веществам, определение роли сдвигов водно-солевого обмена в развитии вестибулярных расстройств, ортостатической неустойчивости и снижении переносимости ускорений, выяснение механизмов перестройки систем транспорта воды и ионов в почке, установление особенностей кальций-фосфорного обмена и состояния костной ткани при невесомости, механизмов минимализации физиологических функций эндокринной регуляции метаболизма в условиях микрогравитации [5, 27].

Проводя исследования с участием космонавтов, он впервые начал применять нагрузочные пробы, а впоследствии – более сложные, изотопные методы исследования обмена веществ. Одним из первых в нашей стране стал использовать водную и “сухую” иммерсию для моделирования эффектов невесомости. Изучение механизмов перестройки функции почки, водно-солевого обмена и его гормональной регуляции в условиях модельных экспериментов и в невесомости позволило А.И. Григорьеву и сотрудникам, используя методы фармакологической и метаболической коррекции, разработать эффективную

систему профилактики неблагоприятных сдвигов в организме в условиях микрогравитации (рис. 3 и 4).

Для повышения ортостатической устойчивости в ранний послеполетный период А.И. Григорьев по предложению Ю.В. Наточина совместно с О.Г. Газенко разработали и применили на завершающем этапе КП комплекс профилактических мероприятий в виде приема водно-солевой добавки. Первые эксперименты с введением водно-солевых добавок были выполнены во время 2-й экспедиции на ОС “Салют-4” и показали положительные результаты [7]. Прием водно-солевых добавок перед приземлением космонавтов способствовал восполнению объема внутрисосудистой жидкости, увеличивал гидратацию тканей организма и уменьшал экскрецию ионов, что оказывало позитивное влияние на состояние космонавтов.

В полетных и наземных модельных исследованиях было установлено, что потеря ионов наиболее существенно снижается при физических упражнениях в сочетании с приемом космонавтами водно-солевых добавок и фармацевтических препаратов [21].

Исследования с использованием водно-солевых добавок являлись первым опытом создания системы профилактики негативных эффектов невесомости и ее наземных моделей в составе системы медицинского обеспечения КП.

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСТНОЙ СИСТЕМЫ

А.И. Григорьев с сотрудниками уделяли боль-

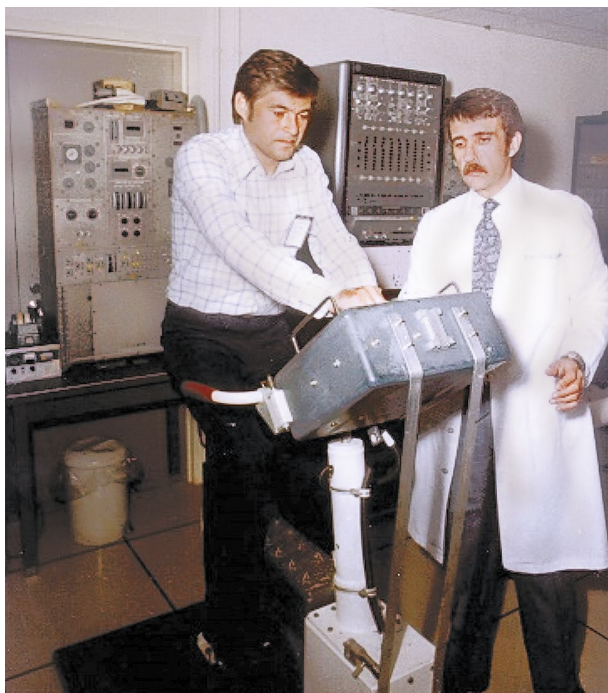


Рис. 5. В Космическом центре им. Л. Джонсона (NASA, Хьюстон, США) А.И. Григорьев испытывает с американским коллегой модель велотренажера для перспективной орбитальной станции.



Рис. 6. А.И. Григорьев и врач-космонавт Б.В. Морукوف во время испытаний беговой дорожки для Международной космической станции.

шое внимание исследованиям костной ткани и метаболизма кальция. В длительных КП были установлены проявления деминерализация костной ткани, а также структурные изменения в костях, несущих на Земле значительную весовую нагрузку [22]. Изменение метаболизма кальция и его потеря костной тканью при длительном действии невесомости является потенциальным фактором риска костных переломов и образования почечных камней [5].

В 1980-гг. под руководством А.И. Григорьева были выполнены исследования регуляции обмена кальция в условиях антиортостатической гипокинезии (АНОГ). При этом была установлена зависимость физиологических нарушений в организме от метаболических сдвигов и обоснована возможность коррекции изменения минерального обмена у человека в КП [18, 19].

Одно из важных направлений работ А.И. Григорьева и его сотрудников было посвящено выяснению молекулярных механизмов, развивающихся в невесомости изменений в костной ткани. При этом было установлено, что дефицит механической нагрузки в невесомости тормозит образование факторов роста, дифференцировку

и функции остеобластов и сопровождается активацией остеокластов и отрицательным кальциевым балансом [2].

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО НАЗЕМНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ НЕВЕСОМОСТИ

А.И. Григорьев уделял большое внимание наземным исследованиям по моделированию факторов невесомости с целью выяснения механизмов ее влияния на организм человека и разработки на этой основе профилактических мероприятий (рис. 5).

В ИМБП было организовано проведение экспериментов с постельным режимом (клино-статическая гипокинезия) продолжительностью от 14 до 120 суток, в которых была испытана система профилактики, предназначенная для длительных КП, включавшая физические тренировки, электромиостимуляцию, вибростимуляцию, отрицательное давление на нижнюю половину тела (ОДНТ), фармакологические препараты и средства для оказания неотложной медицинской помощи.

Антиортостатическая гипокинезия (АНОГ) воспроизводила эффекты длительного влия-



Рис. 7. Пресс-конференция, посвященная 100-летию со дня рождения академика В.В. Парина, Центр управления медицинским обеспечением космических полетов ИМБП. Слева направо: В.А. Логинов (внук В.В. Парина), академик А.И. Григорьев, врач-космонавт В.В. Поляков, врач-космонавт Б.В. Моруков.

ния невесомости на основные физиологические системы человека. С 1972 по 1987 г. в ИМБП было проведено 14 экспериментов с АНОГ продолжительностью от 7 до 370 суток. Наиболее масштабным из них был годовой эксперимент, проведенный под руководством А.И. Григорьева в 1987–1988 гг., в котором была выполнена обширная программа научных исследований, получены новые данные о влиянии гипокинезии на основные системы организма и разработаны оригинальные подходы к лечению остеопороза и коррекции двигательных и сердечно-сосудистых расстройств [18, 19].

Важным результатом годичного эксперимента с АНОГ было формирование комплексной программы профилактики эффектов невесомости и внедрение ее в практику КП на Орбитальной Станции “МИР”, а впоследствии и на МКС (рис. 6).

Основные эффекты острого периода адаптации к невесомости наиболее полно воспроизводятся в разработанной в ИМБП при участии А.И. Григорьева модели “сухая иммерсия”, и она широко используется для решения теоретических и прикладных задач современной физиологии [30]. В настоящее время в экспериментах с использованием модели “сухая иммерсия” в ИМБП проводится отработка и испытания различных средств профилактики, включая механическую стимуляцию опорных зон стопы, нагрузочный костюм “Пингвин”, высоко- и низкочастотную электромиостимуляцию, также оценку эффективности применения искусственной гравитации и различных фармакологических средств.

МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Система медицинского обеспечения (СМО) пилотируемых полетов была создана на основе результатов полетных исследований и наземных модельных экспериментов, выполненных под руководством А.И. Григорьева. Использование специалистами ИМБП и смежных организаций возможностей СМО в КП обеспечивало контроль, прогноз и управление состоянием человека в предполетный период, во время полетов и после их завершения, профилактику неблагоприятного воздействия невесомости и применение бортовой системы оказания медицинской помощи [1] (рис. 7).

Благодаря использованию СМО стало возможным осуществить длительные орбитальные полеты, включая рекордный 438-суточный полет космонавта В.В. Полякова, и оптимизировать состояние организма космонавтов после возвращения на Землю.

На основе исследований механизмов воздействия невесомости на основные системы организма под руководством А.И. Григорьева разработали усовершенствованные средства профилактики для длительных КП, которая является важнейшей частью СМО орбитальных станций и предназначена для предотвращения или снижения негативных эффектов невесомости (рис. 8).

А.И. Григорьев принимал активное участие в разработке средств профилактики для орбитальных станций “Салют”, “Мир” и Российского сегмента МКС. В период с 1978 по 2013 г. система профилактики постоянно модернизировалась с учетом усложнения задач и программ космических экспедиций [28].

А.И. Григорьева глубоко интересовала тематика, связанная с пилотируемыми полетами в дальний космос. Он был активным сторонником освоения дальнего космоса и много сделал для организации научных исследований в этой области [13, 26].

Исследования и разработки в этом направлении в первую очередь осуществлялись на МКС, часть проблем решалась в аналитических исследованиях, в экспериментах на биоспутниках и в исследованиях с моделированием факторов КП в наземных экспериментальных комплексах.



Рис. 8. Интервью в Центре управления полетами, г. Королев.

Среди них важное место занимает уникальный международный проект “МАРС–500” по моделированию пилотируемой экспедиции на Марс, реализованный в ИМБП в 2010–2011 гг. [20].

А.И. Григорьев уделял большое внимание подготовке и реализации этого проекта, в котором были исследованы механизмы адаптации человека к моделируемым факторам пилотируемой экспедиции на Марс, испытаны новые средства профилактики, управления здоровьем человека и выполнен широкий спектр научных исследований по проблемам физиологии, иммунологии, психологии, системам жизнеобеспечения и моделированию “высадки” на Марс. В результате проведения эксперимента были получены новые научные данные и сделан важный шаг, приближающий к осуществлению будущего пилотируемого полета на Марс.

ВКЛАД ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ГРАВИТАЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ И КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ В ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Фундаментальные и прикладные исследования в области гравитационной физиологии и космической медицины, выполненные под руководством и при участии А.И. Григорьева, позволили глубже изучить состояние физиологической нормы у здорового человека и функциональных резервов организма при воздействии экстремальных факторов, как и механизмов адаптации физиологических систем к их воздействию. Полученные знания, разработанные методические

приемы и их аппаратно-программное обеспечение нашли широкое применение [16].

Большое значение А.И. Григорьев придавал теоретическим вопросам медицины, в частности проблемам нормы и предболезни. Исследованию этой сложной проблемы способствовал обширный опыт, полученный при проведении обследования здоровых людей, в том числе кандидатов в космонавты, космонавтов, акванавтов, спасателей, летчиков, спортсменов и испытателей. Созданная в итоге этой работы концепция здоровья и нормы, получившая более широкую известность как концепция “здоровья здорового человека” [10, 11], внесла значительный вклад в обоснование принципов профилактической медицины.

В результате этих работ под руководством А.И. Григорьева была создана и внедрена в проведение массовых обследований система и методология количественной экспресс-оценки здоровья различных контингентов, включая детей [23]. Оздоровительно-профилактическая медицинская технология “Навигатор здоровья” позволяет объективно оценивать при проведении массовых обследований уровень физического здоровья и работоспособности, формировать индивидуальные оздоровительные программы и может служить критерием при профессиональном отборе.

Под руководством А.И. Григорьева были сформулированы представления о гипогравитационном двигательном синдроме и о ведущей роли опорной афферентации в активации и регуляции работы позно-тонической системы, на основе которой были разработаны средства и методы коррекции двигательных расстройств в условиях невесомости и гипокинезии [17, 29].

Было установлено, что механическая стимуляция опорных зон стопы в режимах естественной локомоции устраняет эффекты сниженной опорной нагрузки нервно-мышечного аппарата, нормализует локомоторные реакции, мышечную силу и предотвращает атрофию мышц. На основе этих исследований были разработаны средства и методы коррекции двигательных расстройств в условиях невесомости и гипокинезии и созданы механостимуляторы для имитации ходьбы — “Пион” и “Корвит”, которые успешно применяются в неврологических клиниках [26].

Одним из первых средств профилактики, созданным для компенсации дефицита проприо-

цептивной афферентации, повышения силовой мышечной нагрузки и увеличения продольной нагрузки на структуры скелета в условиях невесомости, стал костюм аксиального нагружения “Пингвин”, разработанный ИМБП совместно с фирмой “Звезда”. В развитие данного направления был создан лечебный нагрузочный костюм “Регент”, конструкция которого позволяет создавать необходимый уровень нагрузки у пациентов. Костюм успешно применяется при лечении больных с двигательными расстройствами после острых нарушений мозгового кровообращения, черепно-мозговых травм, а также является перспективным средством лечения детского церебрального паралича [26].

В исследованиях по гипокинезии А.И. Григорьев совместно с сотрудниками разработал систему оценки метаболизма костной ткани и подготовил рекомендации для ранней диагностики и лечения остеопороза [18, 19].

В КП используется широкий спектр аппаратуры для экспресс-оценки функционального состояния организма, которая может представить значительный интерес для практической медицины. Среди них можно назвать такие приборы, как “ПУЛЬС” – для оценки вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы; “КАРДИ-2” – для оценки риска развития ишемии миокарда и аритмий; “ПНЕВМОКАРД” – для оценки состояния сердечно-сосудистой и дыхательной системы; “РЕЗЕРВ” – для комплексной оценки функционального состояния и резервных возможностей организма; “СОНОКАРД” – для бесконтактной регистрации физиологической информации во время сна и др. [26].

Работы А.И. Григорьева легли в основу создания отечественной телемедицины [12, 15]. При его участии была испытана инфраструктура телемедицинских сетей для медицинского обеспечения космических полетов и практического здравоохранения, в том числе система телемедицинских услуг в клинических учреждениях страны. С его участием разработан телемедицинский комплекс для Международной космической станции и создана концепция телемедицинского обеспечения межпланетных космических полетов. Разработанные телемедицинские Интернет-технологии, технологии мобильной и внегоспитальной телемедицины, а также созданные основы телемедицинского образования послужили стимулом формирования в стране системы телемедицинских услуг [24, 25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научные интересы А.И. Григорьева затрагивали гораздо более широкий круг проблем, чем представлено в настоящей статье.

А.И. Григорьев активно способствовал развешиванию в ИМБП исследований в области биотехнологии и гравитационной физиологии клетки, которые помогают выяснению тонких механизмов изменений, вызванных в организме при воздействии экстремальных факторов КП. В работе, посвященной проблемам гравитационной физиологии клетки, отмечается, что “исследования морфофункционального состояния клеток *in vitro* позволили выявить широкий спектр изменений, свидетельствующих о прямом влиянии гравитации на клеточные структуры” [3].

В качестве перспективных исследований в области гравитационной физиологии клетки предложены такие направления, как: определение генов, участвующих в восприятии и реализации гравитационного стимула; изучение влияния невесомости на межклеточные взаимодействия разных типов клеток; оценка влияния гравитации на дифференцировку стволовых клеток разного генеза; создание трехмерных тканевых структур в условиях невесомости.

А.И. Григорьев уделял особое внимание внедрению в ИМБП протеомных технологий, которые применялись в рамках международного проекта “Протеом человека” с целью идентификации и измерения содержания кодируемых геномом белков человека. Под руководством А.И. Григорьева был проведен первый в мире протеомический анализ уровней белков в крови космонавтов после КП, а также при проведении АНОГ, “сухой иммерсии”, в изоляционных экспериментах и во время Антарктической зимовки.

В 1985 г. в ИМБП по инициативе А.И. Григорьева был образован Центр медицинского обеспечения глубоководных работ для исследований в области гипербарии и водолазной медицины, для лечения пациентов с декомпрессионными расстройствами. Специалистами Центра выявлено биологическое действие на организм индифферентных газов, которые позволили улучшить газообмен, снизить вероятность декомпрессионных расстройств и улучшить оксигенацию тканей при физических нагрузках, а также освоено использование при лечении заболеваний, в пер-

вую очередь дыхательной, сердечно-сосудистой систем организма, газовых смесей на основе инертных газов.

Организационные способности Анатолия Ивановича ярко проявились во время его работы на посту вице-президента РАН. Особое место в академической деятельности А.И. Григорьева занимает его участие в реализации Программы Президиума РАН “Фундаментальные науки – медицине”, созданной по инициативе академика О.Г. Газенко. В качестве координатора Программы А.И. Григорьев проявил незаурядные качества выдающегося ученого и квалифицированного медика, активно используя научный потенциал институтов Академии наук в интересах практической медицины [9]. Реализация Программы Президиума РАН внесла значительный вклад в создание важных разработок для современной медицины и способствовала внедрению достижений институтов РАН в практику здравоохранения.

Как ученый с широким научным кругозором А.И. Григорьев рассматривал среди важнейших факторов, определяющих перспективу развития науки о жизни, роль исследований в области физиологии, биологии на стыке с химией и физикой, математикой, информационными технологиями. Считал важным широкое взаимодействие ученых, представляющих различные направления, как внутри Академии, так и за ее пределами. Современные тренды развития фундаментальных и прикладных исследований полностью подтвердили справедливость позиции академика А.И. Григорьева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов В.В., Самарин Г.И. Медицинское обеспечение здоровья и безопасности экипажей МКС / Под ред. А.И. Григорьева // Космическая биология и медицина. ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Международная космическая станция. Российский сегмент. 2011. Т. 1. С. 33–50.
2. Буравкова Л.Б., Гершович П.М., Гершович Ю.Г., Григорьев А.И. Механизмы гравитационной чувствительности остеогенных клеток-предшественников // Acta Naturae. 2010. Т. 2. № 1. С. 30–39.
3. Буравкова Л.Б. Проблемы гравитационной физиологии клетки // Авиакосм. и экол. мед. 2008. Т. 42. № 6. С. 10–18.
4. Буравкова Л.Б. Механизмы клеточной гравичувствительности. М., 2018. С. 241–243.
5. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Наточин Ю.В. Водно-солевой гомеостаз и космический полет / Под ред. А.М. Уголева и В.Л. Свидерского // Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1980. 238 с.
6. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Наточин Ю.В. Водно-электролитный гомеостаз и невесомость // Космич. биол. и мед. 1980. Т. 14. № 5. С. 3–10.
7. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Дегтярев В.А. и др. Воздействие на водно-солевой обмен как способ профилактики ортостатической неустойчивости у членов экипажа второй экспедиции станции “Салют – 4” // Космическая медицина. 1979. Т. 13. № 3. С. 10–15.
8. Генин А.М., Сорокин П.А. Длительное ограничение подвижности как модель влияния невесомости на организм человека / Под ред. В.Н. Черниговского // Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1969. С. 9–16.
9. Григорьев А.И. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН “Фундаментальные науки – медицине” // Acta Naturae. 2011. № 1 (4). С. 22–26.
10. Григорьев А.И., Баевский Р.М. Здоровье и космос. Проблемы нормы в космической медицине. М.: Фирма “Слово”, 2001. 96 с.
11. Григорьев А.И., Баевский Р.М. Концепция здоровья и космическая медицина. М.: Слово, 2007. 207 с.
12. Григорьев А.И., Герасименко Н.Ф., Орлов О.И. и др. Концепция Федеральной целевой программы “Телемедицина в России” // О телемедицине и информационной политике в области охраны здоровья граждан Российской Федерации: материалы парламентских слушаний. 20 мая 2002 г. М., 2002. С. 58–69.
13. Григорьев А.И., Егоров А.Д., Козловская И.Б. и др. Медико-биологическое обеспечение экспедиции пилотируемой экспедиции на Марс / Под ред. А.С. Коротева. Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского. М., 2006. С. 245–307.
14. Григорьев А.И., Ильин Е.А. Животные в космосе. К 50-летию космической биологии // Вестник Российской академии наук. 2007. Т. 77. № 11. С. 963–998.
15. Григорьев А.И., Княжев В.А., Орлов О.И. Перспективы развития телемедицинских технологий в XXI веке // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. XXI век. Медицинские науки: От идей до новых технологий. 10–11 декабря 2001 г. М., 2001. С. 68–69.
16. Григорьев А.И., Козловская И.Б. Перспективы внедрения технологий космической медицины в клиническую реабилитационную практику // Кремлевская медицина. Клинический вестник. III Международная конференция по восстановительной медицине (реабилитология). 6–8 декабря 2000 г. М. 2001. № 5. С. 10–13.
17. Григорьев А.И., Козловская И.Б., Шенкман Б.С. Роль опорной афферентации в организации тонической мышечной системы // Росс. Физиол. журнал им. И.М. Сеченова. 2004. Т. 39. № 4. С. 507–521.

18. Григорьев А.И., Козловская И.Б. Введение // Годичная антиортостатическая гипокинезия (АНОГ) – физиологическая модель межпланетного космического полета / Под ред. А.И. Григорьева и И.Б. Козловской. М.: Российская академия наук, 2018. 288 с.
19. Григорьев А.И., Моруков Б.В. 370-суточная антиортостатическая гипокинезия (задачи и общая структура исследования) // Косм. биол. и авиакосм. мед. 1989. Т. 23. № 5. С. 47–59.
20. Григорьев А., Моруков Б. “Марс-500”: предварительные итоги // Наука в России. 2012. № 3. С. 4–11.
21. Григорьев А.И., Носков В.Б. Оценка эффективности водно-солевой добавки в длительном космическом полете на ОК МИР // Косм. биол. и мед. 2001. Т. 15. № 3. С. 7–8.
22. Григорьев А.И., Оганов В.С., Бакулин А.В. и др. Клиническая и физиологическая оценка изменений кости у космонавтов после длительных космических полетов // Авиакосм. и экол. мед. 1998. Т. 32. № 5. С. 21–25.
23. Григорьев А.И., Орлов В.А., Фетисов О.Б. Научные основы оценки и прогнозирования здоровья человека // Докл. РАН. 2007. Т. 413. № 7. С. 135–137.
24. Григорьев А.И., Орлов О.И., Логинов В.А. Клиническая телемедицина. М.: Слово. 2001. 110 с.
25. Григорьев А.И., Орлов О.И. Телемедицина в России // Вестник РАМН. 2004. № 10. С. 30–35.
26. Григорьев А.И., Потапов А.Н. Технологии космической медицины – клинической практике // Обзор деятельности Мединцентра. Наука. Практика. События / Под ред. В.И. Вигдорчика. М.: Известия, 2011. С. 61–68.
27. Григорьев А.И., Хантун К., Моруков Б.В. и др. Изучение взаимодействия эндокринной, почечной систем и циркуляторных факторов в поддержании объемного и электролитного гомеостаза в условиях невесомости // “Орбитальная станция “Мир”. Космическая биология и медицина Т. 2. Медико-биологические эксперименты / Под ред. А.И. Григорьева. М.: Слово, 2002. Гл. 3. С. 69–85.
28. Какурин Л.И., Катковский Б.С., Тишлер В.А. и др. Обоснование комплекса профилактических средств применительно к задачам полетов орбитальной станции “Салют” // Космич. биол. и авиакосм. мед. 1978. Т. 12. № 3. С. 20–27.
29. Козловская И.Б. Гравитационные механизмы в двигательной системе // Современный курс классической физиологии / Под ред. Ю.В. Наточина и В.А. Ткачука. М.: “Геотар-Медиа”, 2007. С. 118–134.
30. Козловская И.Б. Фундаментальные и прикладные задачи иммерсионных исследований // Авиакосм. и экол. мед. 2008. Т. 42. № 5. С. 3–7.
31. Козловская И.Б., Ярманова Е.Н., Фомина Е.В. Российская система профилактики настоящее и будущее // Авиакосм. и экол. мед. 2013. Т. 47. № 1. С. 13–20.
32. Корнилова Л.Н., Козловская И.Б. Нейросенсорные механизмы синдрома космической адаптации // Физиология человека. 2003. Т. 289. № 5. С. 17–28.

Contribution of Academician A.I. Grigoriev in the Development of Gravitational Physiology and space Medicine

O. I. Orlov^{1, *}, A. N. Potapov^{1, **}

¹State Scientific Center – Institute of Biomedical Problems of Russian Academy of Sciences, Moscow, 123007 Russia

*e-mail: orlov@imbp.ru

**e-mail: potapov@imbp.ru

Abstract – The distinguished physiologist Academician Anatoly Ivanovich Grigoriev left a remarkable legacy in Russian physiology and space medicine. He was a full member of the Russian Academy of Sciences (since 1997), the Russian Academy of Medical Sciences (since 1993), a member of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (2001–2017), Vice President of the Russian Academy of Sciences (2008–2017), academic secretary of the Department of Biological Sciences of the Russian Academy of Sciences (2002–2009), a member of the Bureau of the RAS Council for Space, a member of the Bureau of the Department of Physiological Sciences of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences (1980), Professor (1986), Honored Scientist (1996), Director (1988–2008) and Scientific Director (2008–2023) of the Institute of Biomedical Problems – these are the significant milestones in the scientific career of A.I. Grigoriev.

Keywords: Institute of Biomedical Problems; space flight; water-salt exchange; weightlessness; simulation of microgravity; space flight medical support; hypokinesia; health concept; integration in practical medicine