

КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Фундаментальные исследования в области космической биологии имеют цель выяснить роль невесомости как экологического фактора, понять характер и изучить механизмы ее влияния на разные формы организации жизни. Эти исследования позволяют получать уникальный материал для разработки важной проблемы – значения силы тяжести в эволюции жизни. Вместе с тем исследования, проводимые на специализированных биологических спутниках и пилотируемых летательных аппаратах, носят прикладной характер, связанный с оценкой риска в космическом полете; возможностей, ограничений и "стоимости" адаптации организма, в том числе и человека, к условиям длительной невесомости; с разработкой биологических систем жизнеобеспечения, созданием эффективных биотехнологических установок для получения сверхчистых биологически активных соединений, в том числе и медицинских препаратов.

1. Биологические эффекты невесомости. Многочисленные эксперименты, проведенные на клеточном, тканевом, организменном и популяционном уровнях, с использованием широкого спектра биологических объектов, от микроорганизмов до млекопитающих, в целом позволяют заключить, что невесомость вполне совместима с жизнью. Отсутствие силы тяжести не вызывает каких-либо необратимых нарушений в функционировании живых систем и не препятствует реализации жизненно важных функций. Видимо, действие невесомости на живые системы (за исключением гравирецепторов.) неспецифично и имеет не качественный, а количественный характер. Вместе с тем, полученные данные свидетельствуют о том, что невесомость может существенно изменять характер и скорость протекания многих биологических процессов. На основании полученных результатов выдвинуты и сформулированы рабочие гипотезы, требующие дальнейшей экспериментальной проверки и открывающие возможности принципиально новых практических приложений в будущем.

1.1. Клеточный уровень. Установлено, что невесомость не вызывает генных и хромосомных мутаций, как правило, не нарушает механизм клеточного деления. С другой стороны, недавние особенно тщательно проведенные эксперименты, выявили изменения формы, размеров, темпов клеточного деления, уровня метаболической активности клеток в условиях космического полета. Между тем, несмотря на серьезные экспериментальные и теоретические предпосылки, вопрос о принципиальной возможности непосредственного, прямого действия невесомости на клетку по-прежнему остается открытым. Не исключено, что некоторые физиологические реакции организма на действие невесомости могут быть следствием изменения поведения клеток. В будущем предстоит сосредоточить внимание на клетке как механической конструкции в поле силы тяжести и с позиций биомеханики, оценить зависимость проявления эффекта измененной силы тяжести (невесомости) от типа

клеток и степени функциональной активности. Целесообразно изучить роль генетического аппарата в механизмах адаптации клетки и организма в целом к условиям длительной невесомости.

1.2. Организменный уровень. В целом можно считать, что отсутствие силы тяжести не накладывает запрета на прохождение основных этапов жизненного цикла организма. Между тем, на различных биообъектах (нескольких видах одноклеточных, насекомых и др.) показано, что невесомость может оказывать стимулирующее или угнетающее действие на отдельные стадии онтогенеза, вызывать ускорение или торможение эмбрионального развития и старения организма. Механизм и степень видовой специфичности таких эффектов выясняются. Совокупность данных, полученных в экспериментах с насекомыми, крысами и обезьянами в космическом полете, позволяет предположить, что эндогенный период циркадианного ритма является гравитационнозависимым параметром. Возможно, что в условиях невесомости оказывается измененной физиологическая потребность организма в продолжительности суток, что должно быть учтено при разработке режимов труда и отдыха космонавтов. Однако полученные результаты следует рассматривать только как предварительные и подлежат проверке.

1.3. Популяционный уровень. Есть основания полагать, что в условиях невесомости, вследствие изотропности пространства (равноправия трех измерений) увеличивается его биологическая емкость, ослабевает сдерживающий "давление жизни" эффект плотности популяции, позволяет предсказать теоретически, ускорение жизненных процессов, а практически – возможность повышения интенсивности использования биологического звена жизнеобеспечения в условиях космического полета.

КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

ЦЕЛИ	ЗАДАЧИ	ИТОГИ	ПЕРСПЕКТИВЫ
<p><u>Теория.</u> Обоснование роли и оценка значимости силы тяжести как экологического фактора в эволюции биологических систем</p> <p>Выяснение механизмов восприятия и реализации гравистимула в биологических системах на различных уровнях организации жизни.</p> <p>Оценка возможностей ограничений и "стоимости" адаптации организмов к условиям невесомости</p> <p><u>Практика.</u> Создание биологических систем жизнеобеспечения на основе замкнутых экосистем</p> <p>Создание эффективных биотехнологических методов и систем для получения новых биологически активных веществ, медпрепаратов</p>	<p>Изучение эффектов невесомости в биологических структурах и процессах</p> <p>а) клетки и клеточные ассоциации С форма, размеры, структура и функции!</p> <p>б) рост и развитие одной многоклеточных организмов включая эмбриогенез)</p> <p>в) поведенческие характеристики популяции одно- и многоклеточных организмов</p> <p>г) формирование функционального статуса основных органов и систем</p> <p>д) критические стадии эмбриогенеза и органогенеза</p> <p>е) состояние иммунной и репродуктивной систем организма млекопитающих</p> <p>Разработка и экспериментальная оценка функционирования основных элементов системы биологического жизнеобеспечения</p>	<p>Гравитация относится к умеренным факторам среды. имеет не запретительные, а скорее - разрешительные функции</p> <p>Действие силы тяжести (невесомости) неспецифично (за иск. гравирецепторов), носит не качественный, а количественный характер. Влияние невесомости на структуру и функциональную организацию биологических систем в основном опосредовано и проявляется через изменения физико-химических параметров среды обитания. В невесомости полностью реализуются генетические программы развития на всех уровнях организации</p> <p>Условия невесомости могут существенно изменить функциональную активность и энергетические потребности организма на различных стадиях онтогенеза. Наиболее чувствительны к изменениям величины силы тяжести являются ранние стадии эмбриогенеза</p>	<p>Есть основание считать, что вследствие появления в невесомости изотропности пространства (с равноправием трех его измерений) увеличивается биологическая емкость пространства, ослабевает сдерживающий эффект плотности популяций (С "давление жизни"). Сказанное позволяет сделать, по крайней мере, два предположения.</p> <p>Первое - общебиологическое. Вероятно, при длительной эволюции в условиях невесомости, вследствие сдвига адаптивной ценности земных генотипов, произойдет заметное преобразование облика земных организмов.</p> <p>Второе - практическое. Расширение жизненного пространства и снижение энергетической "стоимости" дают возможность существенно повысить интенсивность использования биологических систем жизнеобеспечения по сравнению с наземными условиями.</p>

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Для высших позвоночных, особенно млекопитающих, в том числе и человека, пребывание в условиях космического полета сопровождается существенными изменениями их функционального статуса. Характер и глубина этих изменений в значительной степени обусловлены размерами, массой и уровнем метаболической активности организма, с одной стороны и длительностью полета – с другой. Из комплекса факторов, оказывающих влияние на живой организм, ведущим, несомненно, является невесомость. Ответная реакция организма, как правило, имеют адаптивный характер.

Острый период адаптации организма, проявляется в ответной реакции на непосредственный и немедленный эффект невесомости, выражающийся; во-первых, в рассогласовании функций зрительного и вестибулярного анализаторов, что ведет к потере пространственной ориентации и возникновению синдрома космической болезни движения; во-вторых, в перераспределении жидких сред организма в краниальном направлении, приводящем к нарушениям функций центрального и периферического кровообращения, и водно-солевого баланса организма, сопровождающегося прогрессирующей экскрецией Ca^{++} во внешнюю среду. Эти изменения, происходящие буквально в первые часы пребывания в невесомости, носят адаптивный характер и настраивают регуляторные системы организма к новым условиям существования.

Более глубокие, и не всегда полностью обратимые, изменения в организме, происходящие под действием невесомости наступают позже, развиваются гораздо медленнее и связаны, прежде всего, с нарушениями функционирования опорно-двигательного аппарата, кроветворной и иммунной систем. Феноменология и последовательность этих изменений в настоящее время хорошо изучены. Первые заметные изменения в скелетной мускулатуре (снижение сократительной возможности мышц, признаки атонии) появляются к концу острого периода адаптации к невесомости. Дальнейшее пребывание в условиях "механической разгрузки" приводит к постепенной атрофии антигравитационных мышц и появлению признаков прогрессирующей остеопении костной ткани и потере костной массы. Важно отметить, в этой связи, что изменения в опорно-двигательном аппарате, происходящие в невесомости носят не только количественный, но и качественный характер, о чем свидетельствуют изменения белкового состава миофибрилл и характера остеогенеза и хондрогенеза. Таким образом, эволюционно детерминированная, высокая чувствительность опорно-двигательного аппарата, к изменению "механической нагрузки", обусловленной изменением величины силы тяжести, очевидно, может стать серьезным фактором, лимитирующим длительность космических полетов.

Не менее драматические события происходят в кроветворной и иммунной системах

организма при длительном пребывании в невесомости. Прежде всего снижается скорость эритропоэза, изменяются форма, размеры и функциональная активность эритроцитов и лейкоцитов, что ведет к появлению признаков анемии, снижению иммунореактивности, антибактериальной резистентности и сопротивляемости к инфекциям. Наиболее стабильными в невесомости остаются репродуктивная функция и процессы внутриутробного развития млекопитающих, что обеспечивается за счет резервных (компенсаторных) возможностей взрослого организма. Такова феноменология адаптивного процесса. Что же касается объяснения механизмов и природы происходящих изменений, то в этом отношении остается еще много нерешенных проблем.

Таким образом, опыт космической биологии и медицины, накопленный более чем за три десятилетия, свидетельствует о том, что функциональные изменения, наблюдающиеся в условиях невесомости, обусловлены нарушением регуляторных механизмов, контролируемых на молекулярном и клеточном уровнях. Отсюда, на наш взгляд, наиболее перспективной стратегией в изучении реакций биологических систем на действие измененной силы тяжести, в том числе и микрогравитации, является выяснение связей между характерными функциональными отклонениями в организме, происходящими в космическом полете, с клеточными механизмами, лежащими в их основе.

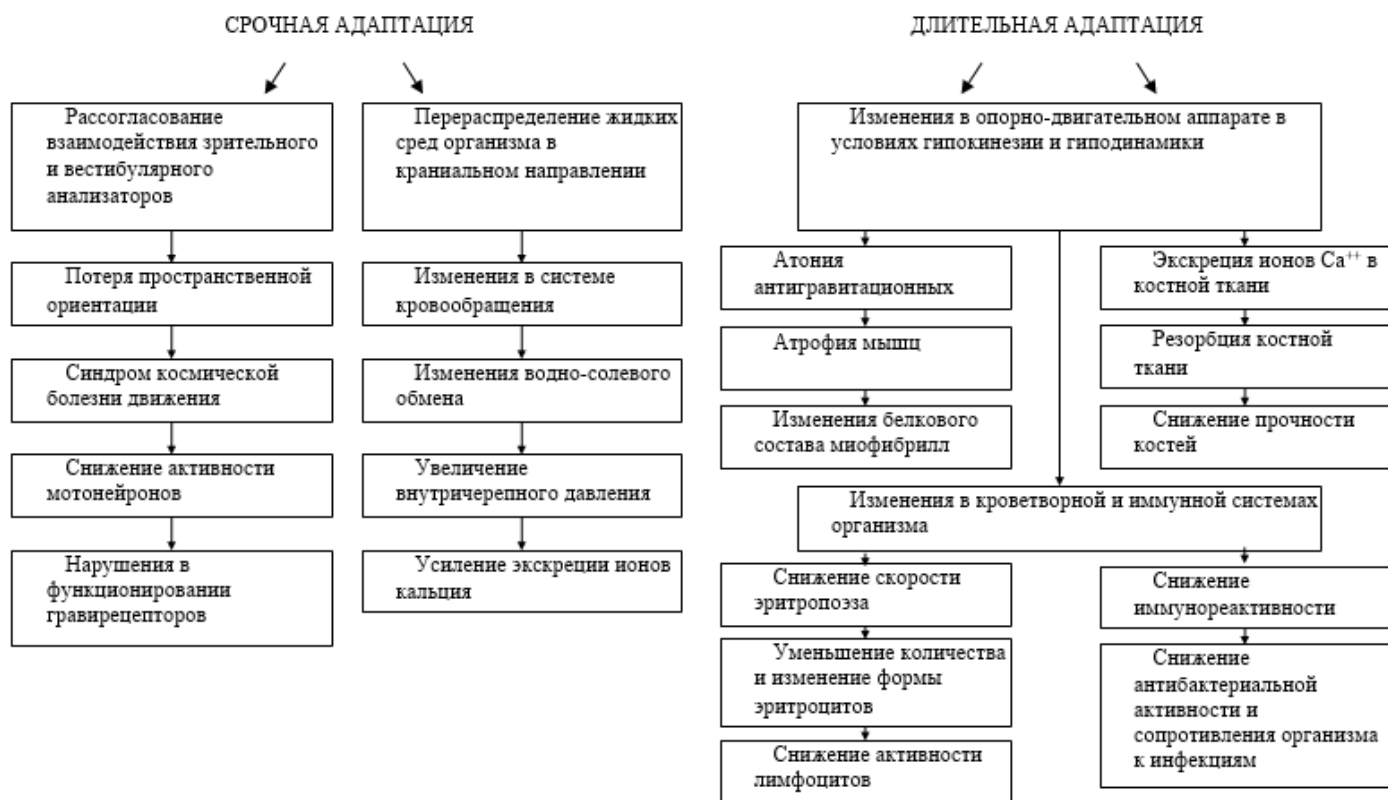
Вероятно, при длительной эволюции жизни в условиях гипо- и микрогравитации, вследствие сдвига адаптивной ценности земных генопипов, может произойти существенное преобразование облика организмов. В перспективе предполагается оценить характер и направление длительного действия невесомости как фактора естественного отбора в ряду поколений с целью предсказать возможный ход эволюции жизни в космосе.

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ЦЕЛИ	ЗАДАЧИ	ИТОГИ	ПЕРСПЕКТИВЫ
<p><u>Теория.</u> Обоснование роли и значимости силы тяжести в формировании структурно-функционального статуса организма млекопитающих (С эволюционный аспект)</p> <p>Выявление степени гравичувствительности различных функциональных систем и процессов организма млекопитающих (физиологический аспект)</p> <p><u>Практика.</u> Оценка эффективности различных путей и методов нормализации физиологических показателей организма человека в условиях длительного космического полета</p> <p>Разработка и создание надежных средств защиты организма человека от неблагоприятного действия невесомости</p>	<p>Изучение эффектов невесомости в различных системах и процессах организма млекопитающих а)сенсомоторные системы б)водно-солевой обмен в)кровообращение г)опорно-двигательный аппарат д)иммунная система е)репродуктивная система</p> <p>Установление причинноследственных связей в функционировании различных систем в процессе адаптации организма к условиям невесомости</p> <p>Изучение генезиса космической болезни движения в период срочной адаптации организма</p> <p>Разработка комплекса профилактических мероприятий, направленных на стабилизацию физиологических функций организма человека в условиях длительного космического полета</p>	<p>Изучены принципы взаимодействия и последовательность изменений, происходящих при функционировании основных систем организма в разные периоды адаптации к условиям невесомости</p> <p><u>Срочная адаптация.</u> Рассогласование взаимодействия зрительной и вестибулярной систем приводит к нарушению сенсомоторной функции Перераспределение жидких сред организма приводит к нарушению кровообращения</p> <p><u>Длительная адаптация.</u> Длительная гиподинамия приводит к изменениям в опорно-двигательной системе (атрофия мышц, резорбция костной ткани) Торможению процесса эритропоэза, снижению числа эритроцитов, увеличению эхиноцитов Снижение иммунной реактивности, свидетельствующее об угнетении антибактериального иммунитета</p>	<p>Есть основание полагать:</p> <p>В ближайшее время будут сформулированы теоретические основы синдрома космической болезни движения и разработан комплекс мер, необходимых для нормализации функционального состояния организма человека в первые сутки пребывания в невесомости, что даст возможность для активной трудовой деятельности</p> <p>Более серьезные проблемы, связанные с нарушениями, происходящими в опорнодвигательном аппарате, в процессах эритропоэза и в иммунной системе в ходе длительной адаптации можно будет решить после разработки и экспериментальной проверки инженерных принципов применения искусственной силы тяжести на космических летательных аппаратах, адекватных физиологическим потребностям организма человека</p>

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ АДАПТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

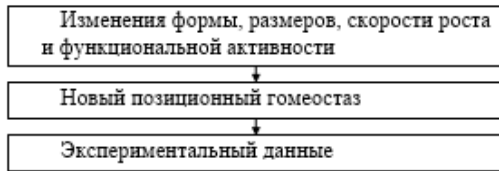
Н Е В Е С О М О С Т Ь



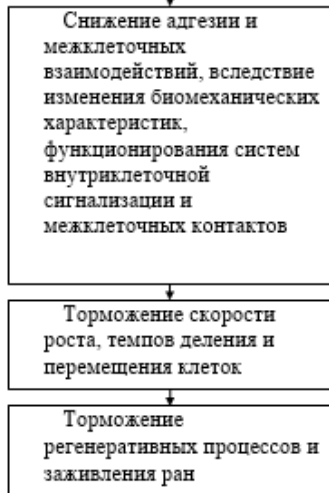
ВЕРОЯТНЫЕ ПУТИ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Н Е В Е С О М О С Т Ь

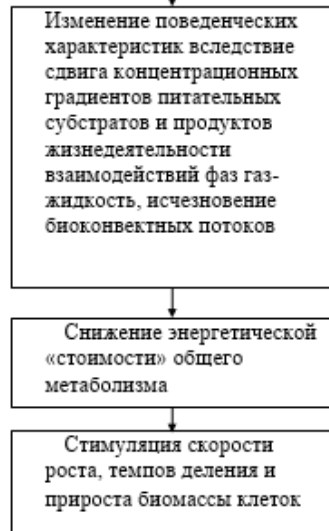
КЛЕТКА (теоретические исследования)



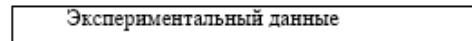
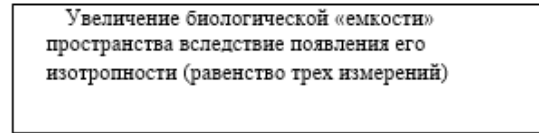
Культура клеток (фибробласты)



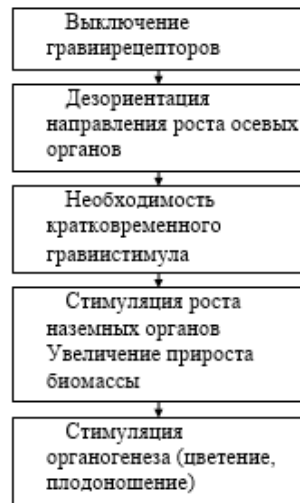
Одноклеточные (инфузории)



МНОГОКЛЕТОЧНЫЙ ОРГАНИЗМ (Теоретические исследования)



Растения (прорастающие семена, проростки)



Животные (Насекомые)

