

УДК 613.614:613.693

# Телемедицинская экология как новое научно-практическое направление

О. И. Орлов, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, Е. Ю. Берсенева

А. Г. Черникова, И. Н. Слепченкова

Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

## Резюме

В статье рассматриваются основные аспекты телемедицинской экологии — нового научно-технического направления, связанного с изучением функционального состояния организма в различных экологических условиях.

Научно-теоретической базой таких исследований является донозологическая диагностика, изучающая функциональные состояния организма на грани нормы и патологии. Технологии подобных исследований основаны на использовании методов и приборов, разработанных в космической медицине и используемых в настоящее время на международной космической станции. Планируемые 520-суточные медико-экологические исследования в различных регионах мира будут проводиться параллельно с экспериментом в гермокамере, моделирующим полет к Марсу. Предварительный 105-суточный эксперимент подтвердил адекватность выбранных принципов и технологий поставленным задачам. Представлены первые результаты медико-экологических исследований добровольцев в контрольных группах, которые находятся в естественных социально-экологических условиях, в сравнении с функциональным состоянием испытуемых при длительной изоляции в макете космического корабля.

**Ключевые слова:** телемедицина, экология, донозоология, адаптация, космическая медицина.

Клин. информат. и Телемед.  
2010. Т.6. Вып.7. с.0–0

## Введение

Телемедицинские системы с каждым годом все шире внедряются в клиническую практику для диагностики заболеваний, передачи анамнестических, клинических и лабораторных данных, дистанционного контакта с пациентом, сбора статистических материалов. Однако, телемедицина крайне мало внимания уделяет вопросам профилактики заболеваний и изучению риска развития болезни у практически здоровых людей. И совершенно отсутствует опыт телемедицинского исследования вопросов взаимодействия организма с окружающей средой, т.е. процессов адаптации человека к воздействию стрессогенных факторов.

Организм человека, испытывающий в условиях современного научно-технического прогресса непрерывные стрессорные воздействия (производственные, социальные, психоэмоциональные и пр.), необходимо рассматривать как динамическую систему, которая осуществляет непрерывное приспособление к условиям окружающей среды путем изменения уровня функционирования отдельных систем и соответствующего напряжения регуляторных механизмов. Окружающая среда оказывает постоянное воздействие на все функции организма. И. М. Сеченов отмечал, что организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение состояния организма должна входить и среда, влияющая на него. По мнению И. П. Павлова, животный организм как система существует среди окружающей природы только благодаря непрерывному равновесию

этой системы с внешней средой, т.е. благодаря определенным реакциям живой системы на падающие на нее извне раздражения.

Космическая медицина, создавая замкнутые системы жизнеобеспечения для пилотируемых космических объектов, уделяет много внимания вопросам взаимодействия человека с окружающей средой. Возможность управления здоровьем членов экипажа, регулируя среду обитания и воздействующие на организм факторы, является уникальной особенностью космической медицины. Опыт медицинского обеспечения космических полетов показывает, что функциональное состояние организма непосредственно зависит от условий окружающей среды.

Одной из главных особенностей космической медицины является то, что она занимается изучением здоровья практически здоровых людей, которые работают в стрессорных условиях. Здоровье рассматривается, как способность организма адаптироваться к условиям среды, сохраняя свое функциональное состояние в зоне физиологической нормы, не снижая работоспособности. Организм человека, осуществляет непрерывное приспособление к условиям окружающей среды путем изменения уровня функционирования отдельных систем и соответствующего напряжения регуляторных механизмов. Приспособление или адаптация к новым условиям достигается ценой затраты функциональных ресурсов организма, за счет определенной «биосоциальной платы» (А. П. Авцын, 1974). Организм постоянно расходует свои жизненные ресурсы и постоянно восполняет их, в том числе во время отдыха и сна. Расходование и восстановление функциональных

резервов организма и его отдельных систем — это непрерывно текущий жизненный процесс. Адаптация является одним из фундаментальных свойств живой системы. «Плата» за адаптацию, которая вышла за пределы «биосоциального бюджета» и требует от организма все новых усилий, ведет к поломке адаптационного механизма.

Функциональные состояния, при которых адаптация сохраняется ценой значительного напряжения регуляторных систем, получили название донозологических (Р. М. Баевский, В. П. Казначеев, 1978), поскольку они предшествуют развитию патологических состояний в виде различных нозологических форм заболеваний. Именно в космической медицине возникло новое научно-практическое направление — донозологическая диагностика, которое занимается оценкой функциональных состояний на грани нормы и патологии (Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, 2008). Уже в 70–80-е годы донозологическая диагностика стала активно внедряться в практику массовых профилактических осмотров населения (В. П. Казначеев, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, 1980) В начале 80-х годов была создана передвижная автоматизированная лаборатория «Автосан-82», оснащенная приборами, которые в то время использовались для исследования космонавтов на борту орбитальной станции «Салют-6». Это фактически была первая попытка создать телемедицинскую систему на основе использования космических технологий (Адамович Б. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. и др., 1990).

В данной работе излагаются первые шаги по развитию телемедицинской экологии — нового научно-технического направления, связанного с изучением функционального состояния организма в различных экологических условиях. Фактически родоначальником телемедицинской экологии можно считать пилотируемую космонавтику, где впервые потребовались дистанционные измерения состояния человека и условий окружающей его среды — температуры, давления, влажности, состава воздуха в кабине космического корабля. В настоящее время, когда постоянно действующей является экологическая телемедицинская система Международной космической станции, актуальной является постановка вопроса о более широком использовании телемедицинских технологий для оценки состояния здоровья различных категорий населения.

Среди многих задач этого нового направления мы остановимся на проблеме дистанционной оценки уровня

здоровья и его изменений, обусловленных климатическими, производственными, социально-бытовыми и другими экологическими факторами. Все изменения окружающей среды проявляются определенными изменениями в организме. Современная медицина принимает во внимание только такие изменения окружающей среды, которые вызывают патологические реакции организма. Она «ждет», пока сумма различных воздействий достигнет критической величины и здоровый человек превратится в объект для нозологической диагностики, т.е. постановки диагноза болезни. Однако, в последние годы все большее признание получает донозологическая диагностика, которая изучает изменения в организме предшествующие развитию болезни. И здесь очень важным является учет и измерение влияющих на организм факторов окружающей среды. Рассматривая единство организма и окружающей среды, следует говорить о донозонологии, как о научно-практическом направлении, отражающем это единство. Донозонология — это все то, что препятствует развитию заболеваний, способствует сохранению здоровья и высокой работоспособности человека, помогает сохранять безопасность людей при экстремальных воздействиях (Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, 2008). Ключевым моментом в донозонологии является измерение уровня (качества) здоровья, но такое измерение должно сопровождаться аналогичными измерениями факторов окружающей среды. Таким образом, на первый план выступает экологический аспект донозонологии.

В связи с вышеизложенным в настоящей публикации излагается первый опыт донозологического подхода к проблемам экологии, который связан с решением перспективных задач космической медицины. В Институте медико-биологических проблем Российской академии наук начал долговременный 520-суточный эксперимент в макете межпланетного корабля, моделирующий работу экипажа во время полета к Марсу ([www.imbp.ru/mars500](http://www.imbp.ru/mars500)). В таком эксперименте ведущую роль играет динамическая оценка состояния здоровья экипажа, в частности его психо-эмоционального статуса и адаптационных возможностей организма. Используемые при этом новые методические подходы получили дальнейшее развитие при создании телемедицинской системы медико-экологического мониторинга, в котором параллельно с исследованиями «марсианского» экипажа изучаются аналогичные группы испытуемых-добровольцев, на-

ходящихся в различных регионах мира. Одновременно измеряются и воздействующие на организм факторы окружающей среды (погодные, производственные, социально-бытовые и т.д.). Таким образом, сочетание достижений космической медицины и интересов экологии человека при использовании телемедицинских технологий позволяет провести уникальные исследования, одновременно в макете межпланетного корабля и в различных климато-географических зонах мира. Эти исследования по существу являются первым опытом глобального применения методов телемедицинской экологии.

## Методы исследований и материалы

Медико-экологические исследования относятся к категории донозологического контроля, когда изучаются изменения адаптационных возможностей организма в зоне между нормой и патологией. Поэтому и методология и программно-аппаратное обеспечение этих исследований разрабатывались на основе опыта космической медицины, где донозологический подход к оценке здоровья играет первостепенную роль (А. И. Григорьев, Р. М. Баевский, 2007). Созданный специально для решения задач эксперимента «Марс-500» аппаратно-программный комплекс «Экосан-2007», был вначале испытан на контингентах лиц, работающих в стрессорных условиях (водители автобусов, летчики гражданской авиации), где показал свои возможности получения высокоинформативных оценочных критериев (Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, Е. Ю. Берсенев и др., 2009; О. М. Зипа, Н. А. Разолов, Р. М. Баевский и др., 2009). На рис. 1 представлен момент исследования испытуемого при помощи комплекса Экосан-2007»

Комплекс «Экосан-2007» был разработан и изготовлен фирмой «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград). В его состав входят три блока: 1) электрокардиограф «Карди-2»; 2) кардиополиграф «Пневмокард»; 3) психофизиологический тестер «СКУС» (Система Контроля Уровня Стресса). С помощью электрокардиографа «Карди-2» проводилась реги-

страция ЭКГ в трех стандартных и трех однополюсных отведениях. Этот же прибор использовался для реализации программы «Кардиовизор-Обс» (дисперсионное картирование электрокардиограммы – ДК ЭКГ). При этом наряду с вычислением традиционных показателей электрокардиограммы прибор анализирует низкоамплитудные колебания потенциалов сердца (их дисперсии) и отображает результаты в виде «портрета сердца». Интегральным показателем такого анализа является показатель «миокард», в норме не превышающий 14% [Г. Г. Иванов, А. С. Сула, 2009]. Кардиополиграф «Пневмокард» использовался для проведения физиологического тестирования. Проводились четыре функциональные пробы: 1) проба с фиксированным темпом дыхания; 2) пробы с задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генча); 3) умственная нагрузка с измерением простой и сложной сенсомоторной реакции; 4) статическая нагрузка с ручным эргометром. На всех этапах исследования, в том числе и при выполнении функциональных нагрузочных проб проводился анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). Это позволяет оценить не только результат выполнения функциональных проб, но и их «стоимость» – степень напряжения регуляторных систем, необходимую для выполнения данной пробы («цена адаптации»).

Методика исследований предусматривает два вида обследований (Р. М. Баевский и др., 2009):

А) Ежемесячная регистрация ЭКГ в течение 10 минут с проведением дыхательных проб, определением артериального давления и измерением скорости простых и сложных сенсомоторных реакций. Заполнение специальной анкеты об образе жизни, нагрузках и возможных жалобах за прошедший месяц.

Б) Ежеквартальная запись комплекса кардиореспираторных параметров с выполнением функциональных проб с физической, умственной и ортостатической нагрузками.

Для оперативной оценки функционального состояния используются достаточно простые, но высокоинформативные методики, обеспечивающие проведение обследования в течение 15–20 минут. Результатом такого обследования является получение оперативного заключения и формирование файла с результатами проведенного исследования в индивидуальной базе данных с последующей его передачей в аналитический центр ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

При оперативной (ежемесячной) оценке функционального состояния



**Рис. 1. Исследование испытуемого с помощью комплекса «Экосан-2007».**

предусматриваются следующие виды исследований:

- 1) заполнение краткого вопросника о самочувствии, жалобах и образе жизни;
- 2) регистрация ЭКГ в 3-х стандартных отведениях;
- 3) дисперсионное картирование ЭКГ;
- 4) анализ вариабельности сердечного ритма;
- 5) измерение роста и веса тела;
- 6) измерение артериального давления;
- 7) психофизиологическое тестирование (измерение скорости простой и сложной зрительно-моторной реакции).

Все эти обследования проводятся в покое, без каких-либо тестирующих нагрузочных воздействий. Дисперсионное картирование электрокардиограммы (ДК ЭКГ) проводится с использованием 3-х отведений электрокардиограммы и специального программного обеспечения. Программа исследований включает 5 этапов и занимает не более 25 минут.

Важным условием является однократность условий, в которых проводится исследование, с тем, чтобы обеспечить сравнимость данных получаемых в динамике. Предлагается проводить исследования в первой половине дня и, по возможности, в понедельник или во вторник, пока еще не накопилось напряжение рабочей недели.

В результате проведенного исследования автоматически формируется

заключение. При этом используется специальный алгоритм, который учитывает результаты всех проведенных исследований. Заключение состоит из трех частей:

- 1) результаты всех объективных измерений, включая обобщенные оценки по степени напряжения регуляторных систем (по ПАРС) и адаптационным возможностям организма (по ИФИ);
- 2) результаты анализа вопросника. Определяется степень риска для здоровья при воздействии отдельных факторов социально-бытового, экологического и психо-эмоционального характера. Оценивается риск развития различных профилей патологии;
- 3) заключение о текущем функциональном состоянии, которое дополняется оздоровительно-профилактическими рекомендациями, которые в случае необходимости вводит эксперт-консультант.

Для передачи результатов ежемесячных исследований используются обычные каналы электронной почты. По материалам базы данных формируется единая таблица в формате Excel. В этой таблице содержатся результаты всех исследований данной (ежемесячной) серии исследований. Эта таблица вместе с сопроводительным письмом, где указываются фамилии обследованных лиц и даты исследований отправляется по электронной почте.

Ежеквартальные исследования проводятся с использованием функциональных нагрузочных тестов для оценки

функциональных резервов организма. Для этого выбраны четыре вида нагрузок: физические, ортостатические, умственные и дыхательные. Во время выполнения этих тестов производится регистрация электрокардиограммы и других кардиологических параметров с помощью кардиополиграфа, имеющегося в составе комплекса «Экосан-2007».

Исследования с использованием комплекса «Экосан-2007» проводились одновременно в изолированной гермокамере-макете межпланетного корабля и в контрольных группах в различных регионах мира. В гермокамере находились 6 испытуемых-добровольцев (мужчин в возрасте 25–50 лет), которые прошли специальный медицинский отбор и допущены к участию в эксперименте комиссией по биотехнике ГНЦ РФ – ИМБП РАН. В контрольные группы отбирались практически здоровые лица аналогичного пола и возраста по 10–15 человек в каждой группе. На предварительном этапе во время 105-суточного эксперимента контрольные группы были сформированы в 8 регионах, в том числе 5 групп в России и по одной группе в Германии, в Чехии и в Канаде.

Организация подобных исследований предусматривает наличие хорошо подготовленных специалистов. Поэтому был организован специальный семинар на базе ГНЦ РФ – ИМБП РАН для обучения и сертификация специалистов, которые работают с комплексом «Экосан-2007» при обследовании контрольных групп в различных регионах. Кроме того, для взаимной информации, методической и технической поддержки исследований в Интернете создан специальный сайт [www.iki.rssi.ru/mars500](http://www.iki.rssi.ru/mars500)

## Результаты исследований

В табл. 1 представлены среднегрупповые значения некоторых показателей в пяти контрольных группах, исследованных на территории России (Баевский Р. М., Берсенева А. П., Максимов А. Л. и др., 2009). Как видно из этих данных, в Москве и Воронеже отмечаются отчетливые тенденции к росту всех показателей. В Магадане значения показателей уменьшаются. В Сыктывкаре и Екатеринбурге тенденции изменений неоднозначные.

Описанные тенденции имеют вполне обоснованные экологические причины. В Центральных областях России (Москва и Воронеж) переход от прохладной весны к жаркому лету вызвал у испытуемых повышение энерготрат и соответственно рост частоты пульса, стресс индекса и активности регуляторных систем (ПАРС). В более суровом климате Севера России и Урала (Сыктывкар и Екатеринбург) подобные же тенденции были менее отчетливыми. Что касается Магадана, то там обратная тенденция обусловлена тем, что сентябрь в этом регионе уже является холодным осенним месяцем, а июнь самым теплым летним месяцем.

Представляет интерес сравнение результатов ортостатического теста в Москве и в Магадане в аналогичные по климатическим условиям месяцы; июль в Москве, август в Магадане (Максимов А. Л., Суханова И. В., Вдовенко С. А. и др., 2010). Предварительное тестирование проводилось перед началом эксперимента соответственно в апреле и в мае. В табл. 2 представлены среднегрупповые значения показателей ВСП в положениях «лежа» и «стоя». Прежде всего обращает на себя внимание достоверное различие в сезонной динамике показателей спектрального анализа ВСП в положении «лежа». Так, HF% в московской группе к концу эксперимента не изменяется, а в Магадане снижается. VLF% в московской группе к концу эксперимента растет, а в Магадане его рост почти двукратный. Так же более значителен в Магадане рост SI. Динамика остальных показателей в обоих городах однотипная. Оценивая выявленные различия можно сказать, что в магаданской группе «переключение» регуляторных систем на летний режим работы, требующий больших энергетических затрат происходило с более значительной активацией надсегментарных структур, высших вегетативных центров, о чем свидетельствует выраженный рост мощности очень низкочастотных колебаний спектра ВСП (VLF%), ответственных за регуляцию метаболизма и энергетических процессов.

Рассматривая работу регуляторных механизмов при переходе в положение «стоя», можно отметить, что в магаданской группе отмечается более выраженный рост низкочастотных колебаний ВСП (LF%), связанных с регуляцией сосудистого тонуса. Так, в московской группе прирост LF% составил 21,92%, а в магаданской – 27,28% по сравнению с приростом в 14–15% в обеих группах при первичном обследовании. Таким образом, в летний период реактивность организма повы-

шается несколько в большей степени в магаданской группе.

Интересным представляется выявленный нами факт снижения активности симпатического звена регуляции в переходном периоде от лета к зиме. Поскольку исследования в Берлине и в Праге по техническим причинам были смещены на осеннее-зимний период, оказалось, что в обеих контрольных группах наиболее низкий стресс индекс наблюдался в ноябре (Zenke D., Berseneva A., 2010). Как видно, из данных, представленных на рис. 2. в немецкой группе очень высокие значения стресс индекса были наименьшими в ноябре. В том же месяце начались обследования чешской группы, где в ноябре стресс индекс оказался минимальным по сравнению с его последующими значениями в декабре и в январе.

Различия в исходных значениях стресс индекса не позволяют однозначно утверждать, что мы наблюдаем экологически обусловленную динамику вегетативной регуляции. Проводимый в настоящее время 520-суточный эксперимент позволит внести ясность в этот вопрос.

В качестве группы, которая живет в стабильных экологических условиях исследовалась группа испытуемых, которые в течение 105 суток находились в изолированной камере, моделирующей кабину межпланетного корабля (Эксперимент «Марс-500»). Данные, получаемые при исследовании других групп, живущих и работающих в различных экологических условиях сравнивались с результатами исследований этой группы (Баевский Р. М., Берсенева Е. Ю., Берсенева А. П. и др., 2010). На рис. 3 представлены сравнительные данные о динамике ЧСС и некоторых показателей вегетативной регуляции у испытуемых в гермокамере и у добровольцев московской контрольной группы. При анализе полученных данных оказалось, что средние значения ЧСС очень мало изменились у испытуемых в гермокамере (на 1,5 уд/мин) и более значительно изменились в контрольной группе (на 4,5 уд/мин). Не менее существенны различия в изменении стресс индекса. В гермокамере он увеличился на 19 у.е., а в контрольной группе на 43 у.е. Большой интерес вызывают изменения показателя rNN50 и суммарной мощности спектра ВСП. Оба эти показателя растут у испытуемых гермокамеры и снижаются в контрольной группе. Рост активности симпатической нервной системы у испытуемых контрольной группы к концу периода исследований объясняется, как это указано выше,

**Табл. 1. Среднегрупповые значения основных показателей оперативной оценки функционального состояния испытуемых-добровольцев в разных регионах России.**

Города	Значения показателей											
	ЧСС, уд/мин			Стресс индекс, у.е.			ПАРС, баллы			Миокард, %		
	1мес	2мес	3мес	1мес	2мес	3мес	1мес	2мес	3мес	1мес	2мес	3мес
Воронеж	79,43	80,85	80,40	104	113	112	3,93	4,77	4,60	12,7	13,0	13,5
Екатеринбург	73,08	68,67	71,42	69,	80	83	5,00	3,75	4,75	13,1	14,0	14,1
Магадан	75,20	73,00	66,15	143	135	97	3,87	4,13	3,15	16,8	13,4	12,9
Сыктывкар	71,90	73,72	72,24	88,	118	100	3,62	3,50	3,88	14,2	13,4	13,6
Москва	53,91	66,75	69,33	71	80	83	2,63	3,08	3,91	11,3	13,2	13,3

**Табл. 2. Среднегрупповые значения показателей ВСП при проведении ортостатической пробы в Москве и в Магадане.**

Показатели	Москва				Магадан			
	Апрель		Июль		Май		Август	
	Лежа	Стоя	Лежа	Стоя	Лежа	Стоя	Лежа	Стоя
ЧСС, уд/мин	69,98	82,54	74,47	87,03	70,57	82,40	74,77	89,44
pNN50, %	20,70	3,27	10,04*	4,00	19,95	4,64	11,07*	2,85
SI, усл.ед.	69,27	99,87	98,54*	139,70	67,28	97,32	108,54*	136,76
IC, усл.ед.	4,36	8,54	5,26	11,61	4,33	8,41	5,42	12,44
HF, %	28,13	11,92	28,72	10,22	34,88	11,40	28,72*	9,27
LF, %	51,98	65,04	45,36*	66,28	52,73	66,27	44,86*	72,14
VLF, %	19,88	23,03	24,91*	23,49	12,39	22,87	23,49*	19,24

Примечание: \* достоверные различия ( $p \geq 0,05$ ) внутри групп в положении «лежа» от начала к концу исследования.

климатическими факторами, переходом к жаркому лету. В гермокамере этих климатических воздействий нет и преобладающими являются факторы гиподинамии, монотонии, психологического напряжения. Хронический стресс, вызванный 105-суточным пребыванием в условиях изоляции, вызвал активацию нейрогормональных структур надсегментального уровня (высших вегетативных центров). В результате мы наблюдаем значительное увеличение суммарной мощности спектра ВСП, указывающее на активацию всех звеньев вегетативной регуляции на уровне подкорковых нервных центров. Это проявляется так же и усилением тонуса обоих отделов вегетативной нервной системы – симпатического (стресс индекс) и парасимпатического (показатель pNN50).

Пребывание в условиях изоляции связано со снижением энерготрат и поэтому наблюдается более экономное расходование функциональных резервов (рост активности парасимпатической системы). В контрольной группе, наоборот воздействие летней жары потребовало мобилизации дополнительных функциональных резервов организма (рост активности симпатической системы). Таким образом, различия между функциональным состоянием испытуемых в гермокамере и в контрольной группе обусловлено, главным образом, экологическими факторами.

Сравнительная оценка функционального состояния испытуемых, находящихся в разных экологических условиях может быть наглядным свидетельством важной роли факторов

внешней среды в развитии предпатологических и патологических состояний. Мы использовали для сравнения полученных данных вероятностный подход к оценке результатов анализа ВСП (А. Г. Черникова, 2010). Оценка риска развития заболеваний основана на вычислении апостериорных вероятностей наличия у данного пациента (исследуемого) каждого из четырех возможных состояний (норма, донозологическое состояние, преморбидное состояние, патология). Вычисление производится по показателям variability сердечного ритма с учетом типа вегетативной регуляции. При вероятностном подходе количественной мерой наличия определенного функционального состояния можно считать его вероятность. Чем выше вероятность того или иного функ-

ционального состояния, тем больше его выраженность. Рост вероятности возникновения донозологического состояния является прогностически неблагоприятным фактором, который следует учитывать. Донозологическое состояние при значительном снижении функциональных резервов и выраженном напряжении регуляторных систем переходит в преморбидное состояние, которое является признаком высокой вероятности развития патологического состояния в виде конкретного заболевания. На рис. 4. представлены среднегрупповые данные, рассчитанные по результатам анализа вариабельности сердечного ритма в начале и в конце эксперимента. Правая шкала графика показывает вероятности состояния физиологической нормы (Н), левая шкала – вероятности донозологического состояния (Д). Изменения состояния Н обозначены сплошной линией, изменения состояния Д – пунктиром. Как видно из представленных данных у испытуемых в гермокамере динамика состояния физиологической нормы была положительной, т.е к концу эксперимента вероятность этого состояния была выше, чем в начале (соответственно 0,88 и 0,90). Вероятность донозологического состояния у них снижалась (0,115 и 0,099). В контрольной группе наблюдалась иная картина. Там вероятность состояния физиологической нормы к концу эксперимента снижалась (с 0,88 до 0,80), а вероятность донозологического состояния росла (с 0,12 до 0,20).

Таким образом, благодаря применению принципов донозологической диагностики при телемедицинском исследовании групп практически здоровых людей могут быть получены важные данные об изменении функционального состояния в различных экологических условиях. Сравнение результатов исследования двух групп практически здоровых людей, находящихся в естественных и в искусственных (стабильных) условиях окружающей среды отчетливо демонстрирует высокую значимость донозологического подхода к проблемам экологии человека. Телемедицинские технологии в соединении с использованием принципов донозологической диагностики позволяют выявлять адаптационные реакции организма, обусловленные воздействием экологических факторов в разных климато-географических зонах. Это открывает возможность прогнозирования риска развития заболеваний и управления здоровьем, что особенно актуально для континентов практически здоровых людей, работающих в стрессорных условиях,

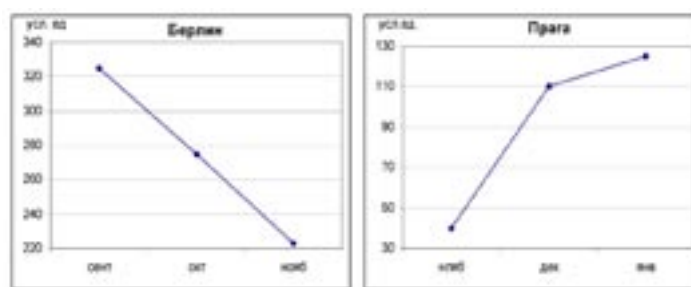


Рис. 2. Динамика средних значений стресс индекса в контрольных группах в Берлине и в Праге в осенне-зимний период.

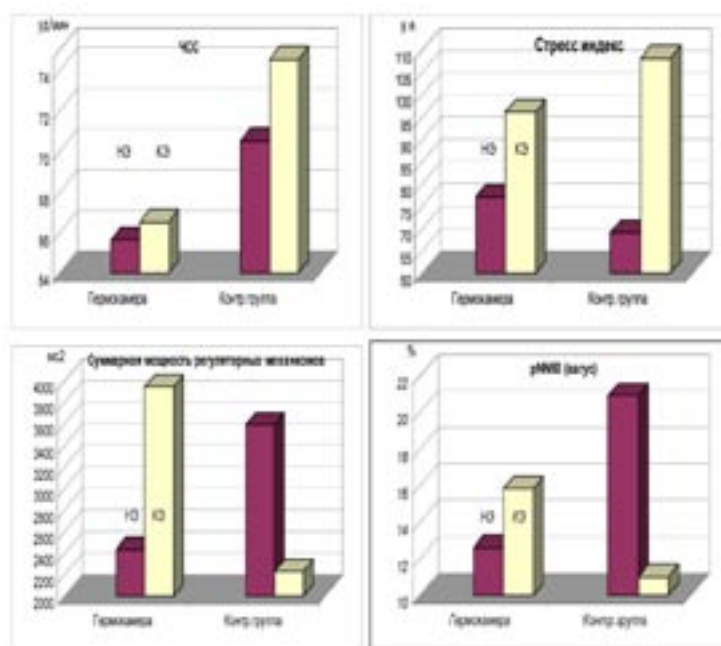


Рис. 3. Сравнительная оценка ЧСС и показателей вегетативного гомеостаза в начале (НЭ) и в конце (КЭ) 105-суточного эксперимента у испытуемых в гермокамере и у добровольцев московской контрольной группы.

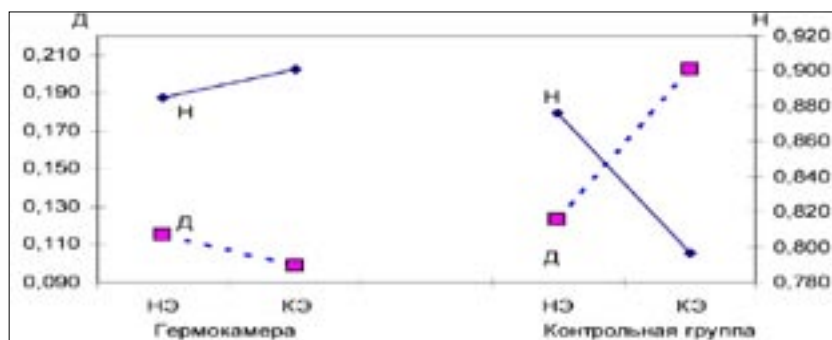


Рис. 4. Вероятностные оценки состояния физиологической нормы (Н) и донозологического состояния (Д) в начале (НЭ) и в конце (КЭ) эксперимента у испытуемых, находившихся в гермокамере, и испытуемых контрольной группы.

в частности находящихся в отдаленных и труднодоступных районах.

## Заключение

Медико-экологические исследования практически здоровых людей в различных регионах мира с использованием телемедицинских технологий проводятся впервые. Эти исследования открывают новое научно-практическое направление — телемедицинскую экологию (Orlov O. I., Bersenev E. Y., Berseneva A. P. et al., 2010). Научно-теоретической базой таких исследований является донозологическая диагностика, изучающая функциональные состояния организма на грани нормы и патологии. Технологии подобных исследований основаны на использовании методов и приборов, разработанных в космической медицине и используемых в настоящее время на международной космической станции. Планируемые 520-суточные медико-экологические исследования в различных регионах мира будут проводиться параллельно с экспериментом в гермокамере, моделирующим полет к Марсу. Предварительный 105-суточный эксперимент подтвердил адекватность выбранных принципов и технологий поставленным задачам. Предполагается, что в результате долговременных наблюдений за динамикой функционального состояния практически здоровых людей в разных регионах мира будут, во-первых, установлены новые научные факты относительно взаимодействия факторов окружающей среды с организмом на донозологическом уровне, во-вторых, разработаны критерии оценки адаптационных приспособительных реакций человека на комплексное воздействие погодных, геофизических, производственных и социально-психологических факторов и, наконец, в-третьих, будет отработан новый исследовательский инструмент — телемедицинская экологическая система для контроля и прогнозирования состояния здоровья практически здоровых людей.

## Литература

1. Авцын А. П. Адаптация и дизадаптация с позиций патологии // *Клин. мед.* — 1974. — Т. 52. — С. 3–15.
2. Адамович Б. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. и др. Проблема автоматизированной оценки функционального состояния организма в космонавтике и профилактической медицине на современном этапе // *Косм. биол. и авиакосм. мед.*, — 1990, — № 6, — с. 23–31.
3. Баевский Р. М., Казначеев В. П. Диагноз донозологический. — М., БМЭ, — 1978, — т.7, — с. 253–255.
4. Казначеев В. П., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения. — Л.: Медицина, — 1980, — 196 с.
5. Григорьев А. И., Баевский Р. М. Концепция здоровья и космическая медицина. — М., «Слово», — 2007, — 208 с.
6. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Введение в донозологическую диагностику. — М., «Слово», — 2008, — 220 с.
7. Баевский Р. М., Берсенева А. П., Берсенева Е. Ю., Ешманова А. К. Использование принципов донозологической диагностики для оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях (на примере водителей автобусов). // *Физиология человека.* — 2009, — 1, — с.45–53
8. Баевский Р. М., Берсенева А. П., Берсенева Е. Ю., Луцицкая Е. С., Слепченкова И. Н., Черникова А. Г. Оценка уровня здоровья при исследовании практически здоровых людей. Методическое руководство. — М., Фирма «Слово», — 2009, — 100 с.
9. Баевский Р. М., Берсенева А. П., Максимов А. Л. и др. Медико-экологические исследования в рамках космического эксперимента «Марс-500». Донозологические аспекты. 5-ая Международная научная конференция «Доназоология-2009» 17–18 декабря 2009 г. С-Петербург, 2009, — с. 180–183.
10. Зипа О. М., Разсолов Н. А., Кабулова А. З., Луцицкая Е. С., Баевский Р. М. Донозологическая диагностика в системе врачебно-лечной экспертизы В кн: *Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы.* — М. — 2009, — с. 253–279.
11. Баевский Р. М., Берсенева Е. Ю., Берсенева А. П., Слепченкова И. Н., Черникова А. Г. Сравнительная оценка функционального состояния испытуемых основной и контрольной групп в эксперименте со 105-суточной изоляцией. *Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы.* — М., — 2010, — с.30–51.
12. Максимов А. Л., Суханова И. В., Вдовенко С. А., Кабулова А. З., Никулина Г. А., Русанов В. Б. Сравнительная оценка динамики функционального состояния континентов практически здоровых лиц в Москве и в Магадане. 6-ая Международная научная конференция «Доназология-2010» 15–17 декабря 2010 г. — С-Петербург, — 2010 с.
13. Иванов Г. Г. Сула А. С. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. — М. Техносфера, — 2009, — 192 с.
14. Черникова А. Г. Оценка функционального состояния человека в условиях космического полета на основе анализа вариабельности сердечного ритма, Автореф. канд. дисс., ИМБП, — М., — 2010, — 24 с.
15. Orlov O. I., Bersenev E. Y., Berseneva A. P., Chernikova A. G., Baevsky R. M. Telemedical aspects of long-term eco-medical researches. *Global Telemedicine and eHealth Updates: Knowledge Resources, Vol.3.* 2010, pp. 310–314.
16. Zenke D., Berseneva A. Results of Medico-Ecological Parallel Research during the First Phase (105 days) of the Mars 500 Experiment. 5-th International Congress of Medicine in Space and Extreme Environments. Berlin, 18–21.10.2010, Abstracts p. 71.
17. www.imbp.ru/mars500
18. www.iki.rssi.ru/mars500

## Telemedical ecology as new scientific and practical direction

*O. I. Orlov, R. M. Baevsky  
A. P. Berseneva, E. Y. Bersenev  
A. G. Chernikova, I. N. Slepchenkova*  
State research center RF — Institute of biomedical problems Russian Academy of Sciences, Moscow

### Abstract

In article the basic aspects of telemedical ecology — the new scientific and practical direction connected with studying of a body functional state in various ecological conditions are examined. Scientific-theoretical base of such researches is prenosological diagnostics investigating body functional states on the verge of norm and a pathology. Technologies of similar researches are based on use of methods and the devices developed in space medicine and now in use at the International space station. Planned 520-daily medical-ecological researches in various regions of the world will be spent in parallel with experiment in chamber, modelling flight to Mars. Preliminary 105-daily experiment has confirmed adequacy of the chosen principles and technologies to tasks in view. The first results of medical-ecological researches of volunteers in control groups which are in natural socially-ecological conditions, in comparison with a functional states of verifiers at long isolation in a broadband model of a spacecraft are presented.

**Key words:** telemedicine, ecology, prenosology, adaptation, space medicine.

## Телемедицина екологія як новий науково-практичний напрямок

**О. І. Орлов, Р. М. Баєвський  
А. П. Берсенєва, Є. Ю. Берсенєв  
А. Г. Чернікова, І. М. Слепченкова**  
Державний науковий центр РФ —  
Інститут медико-біологічних  
проблем РАН, Москва, Росія

### Резюме

У статті розглядаються основні аспекти телемедичної екології — нового науково-технічного напрямку, пов'язаного з вивченням функціонального стану організму в різних екологічних умовах.

Науково-теоретичною базою таких досліджень є донозологічна діагностика, яка вивчає функціональні стани організму на межі норми і патології. Технології подібних досліджень

засновані на використанні методів і приладів, розроблених в космічній медицині і використовуються в даний час на міжнародній космічній станції. Заплановані 520-добові медико-екологічні дослідження в різних регіонах світу будуть проводитися паралельно з експериментом у гермокамері, яка моделює політ до Марса. Попередній 105-добовий експеримент підтвердив адекватність обраних принципів і технологій завданням, які були передбачені. Представлені перші результати медико-екологічних досліджень добровольців в контрольних групах, які знаходяться в природних соціально-екологічних умовах, у порівнянні з функціональним станом випробувачів при тривалій ізоляції в макеті космічного корабля.

**Ключові слова:** телемедицина, екологія, донозологія, адаптація, космічна медицина.

### Переписка

д.м.н., професор **Р. М. Баєвський**  
Государственный научный центр  
РФ — Институт медико-  
биологических проблем РАН  
Хорошевское шоссе, 76 А  
Москва, 123007, РФ  
эл. почта: rmb1928@mail.ru