

Роль академика В. В. Парина в развитии космических телемедицинских технологий

А. И. Григорьев, О. И. Орлов, Р. М. Баевский

Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия



Академик Василий Васильевич Парин

Резюме

Статья посвящена роли выдающегося советского физиолога академика Василия Васильевича Парина в развитии космических телемедицинских технологий. Это новое научно-практическое направление, возникшее в начале второй половины прошлого века, тесно связано с успехами космической медицины, обеспечившей первые полеты человека в космос. Академик В. В. Парин стоял у истоков всех этих важных событий. Работа в области космической медицины и физиологии была для В. В. Парина естественным продолжением его творческого пути как крупного отечественного ученого, известного своими исследованиями в области физиологии кровообращения. В. В. Парин явился основателем космической кардиологии — одного из ведущих направлений современной космической медицины. Будучи одним из лидеров космической медицины и физиологии Василий Васильевич, прежде всего, обратил внимание на ее техническую оснащенность, на проблемы получения медико-биологической информации на борту космических объектов, передачи данных на Землю и дальнейшего анализа этой информации.

Первый раздел статьи посвящен роли В. В. Парина в развитии средств информационно-технического обеспечения первых пилотируемых космических полетов. Он был куратором и участником всех проектов создания радиоэлектронных приборов для космической медицины. Большое внимание

уделялось развитию методов анализа медико-физиологической информации, применению математических методов, вычислительной техники и кибернетики. Глубоко интересовавшие В. В. Парина проблемы кибернетики были тесно связаны с разработкой новых методических подходов, в частности с развитием математического анализа сердечного ритма, впервые использованного в космической медицине и затем получившего широкое применение в физиологии и клинической практике. Система медицинского контроля в первых пилотируемых полетах создавалась при непосредственном участии В. В. Парина. Под его руководством происходило развитие космической биотелеметрии, которая исследует и разрабатывает способы передачи медико-биологических данных с борта космических кораблей и спутников.

Во втором разделе статьи рассматривается современное состояние космических информационных технологий и телемедицины. Показано, что хотя современные информационные технологии ушли далеко вперед, общие принципы сбора и анализа информации, получаемой во время пилотируемых космических полетов, фактически не изменились. В последующие годы важное значение придавалось использованию космических технологий в практике здравоохранения. Взаимопроникновение космических и земных проблем в области информатики тесно связано с именем Василия Васильевича Парина. Он всегда стремился, чтобы в использовании новых информационных технологий земная медицина не отставала от космической, а космическая медицина передавала все свои достижения земной. В статье приводятся примеры создания новых медицинских технологий на основе методик, впервые использованных в космосе. В развитии современных технологий космической медицины также проявляется влияние идей В. В. Парина. Наглядным примером могут служить баллистокardiографические исследования в космосе.

В заключении подчеркивается, что судьба научных идей, изложенных в работах В. В. Парина, неоднозначна. Одни из них, получили развитие еще при жизни ученого, другие активно разрабатывались в конце 70-х, начале 80-х годов, а ряд положений начинает разрабатываться только в наши дни. Так, на данном этапе, в начале второго тысячелетия, когда на повестку дня стала подготовка первых пилотируемых полетов к Марсу, пришла пора обратиться к идеям Василия Васильевича о создании бортовых вычислительных машин медицинского назначения. Творческое наследие В. В. Парина являлось и является источником идей, к разработке которых вновь и вновь возвращаются специалисты по космической медицине.

Ключевые слова: телемедицинские технологии, космические полеты, космическая медицина, академик В. В. Парин, бортовые компьютеры.

Клин. информат. и Телемед.
2012. Т.8. Вып.9. с.80–88

Введение

18 марта 2013 года исполняется 110 лет со дня рождения выдающегося советского физиолога академика Василия Васильевича Парина. Известно, что наиболее активной и плодотворной была научная деятельность В. В. Парина в области космической медицины и физиологии. Почти половина его научных трудов так или иначе связана с космической тематикой. Его справедливо считают одним из основоположников возникшей на пороге космической эры новой науки о влиянии факторов космического пространства на организм животных и человека. Работа в области космической медицины и физиологии была для В. В. Парина естественным продолжением его творческого пути как крупного отечественного ученого, известного своими исследованиями в области физиологии кровообращения. Однако творческие интересы В. В. Парина были значительно шире, чем вопросы физиологии кровообращения, что обусловлено комплексным характером проблем, связанных с медицинским обеспечением космического полета. Будучи не только ученым, но и организатором науки, ответственным за развитие конкретных научных направлений, В. В. Парин, сначала как академик-секретарь (1957–1963) и вице-президент (1963–1966) Академии медицинских наук, а затем как директор Института медико-биологических проблем (1965–1968) участвовал в решении всех главных задач пилотируемой космонавтики. Это было первое десятилетие космической эры, когда каждый новый шаг в космосе был важным научным событием и серьезным техническим достижением (А. И., Григорьев, Р. М. Баевский, Н. Ю. Галева, 2004).

Будучи одним из лидеров космической медицины и физиологии, Василий Васильевич, прежде всего, обратил внимание на ее техническую оснащенность, на проблемы получения медико-биологической информации на борту космических объектов, передачи данных на Землю и дальнейшего анализа этой информации. Ведь именно ради получения новой научной информации о влиянии факторов космического полета на живой организм проводились сложнейшие и очень дорогостоящие исследования и эксперименты в космосе.

Благодаря инициативе и энтузиазму Василия Васильевича вопросам информационно-технического обеспечения космических полетов постоянно уделялось самое серьезное внимание. Когда на президиуме АМН СССР рассматривались программы очередных пилотируемых полетов, вопросы методологии исследований, рассмотрение аппаратурных средств, датчиков, методик, В. В. Парин поддерживал использование все новых методов и приборов в каждом новом полете. Это было важно потому, что позволяло получать новую научную информацию, новые научные знания о влиянии факторов полета на организм.

В данной публикации рассматривается роль академика В. В. Парина в развитии информационно-технических аспектов медицинского обеспечения первых космических полетов и современное состояние этого важного направления космической медицины и физиологии. Следует отметить, что в 60-е годы космические исследования являлись мощным стимулом к развитию многих новых научно-технических направлений, в том числе биоинформатики, медицинской кибернетики и телемедицины. Василий Васильевич стоял у истоков этих новых областей знания.

Будучи вице-президентом Академии медицинских наук СССР, он всегда следил за техническим прогрессом в области медицинского приборостроения и стремился использовать в научной работе все новейшие достижения. В. В. Парин

раньше других понял, какие широкие возможности открывает перед исследованиями человека использование новейших достижений техники и электроники. В 1957 году он становится председателем Научно-технического совета, созданного с его активным участием при президиуме АМН СССР и берет на себя груз руководства оснащением отечественной физиологии и медицины электронной аппаратурой. В этой области В. В. Парину много удалось. В. В. Парин был одним из основателей и руководителей «технизации» биологических и медицинских наук в 50–60-е годы в СССР. Совместно с академиком А. И. Бергом он организовал в 1958 году первый всесоюзный съезд по медицинской электронике, на котором выступил с большим докладом. С 1959 года В. В. Парин стал председателем секции медицинской электроники, Всесоюзного научно-технического общества радио и электроники им. А. С. Попова. Он также был председателем секции биологической и медицинской кибернетики Совета по кибернетике при Президиуме АН СССР и вице-президентом Международной федерации медицинской электроники.

1. Роль В. В. Парина в развитии средств информационно-технического обеспечения первых пилотируемых космических полетов

В статье «Сердце и кровообращение в условиях космоса», опубликованной в журнале «Cor et Vasa» (Парин В. В., Баевский Р. М., Газенко О. Г., 1965), первые два ее раздела посвящены техническим средствам и методам кардиологических исследований в космосе. В связи с необходимостью передачи физиологических сигналов в виде дискретных отсчетов по телеметрическим каналам подробно рассматриваются особенности космической биотелеметрии. Приводятся образцы полученных по телеметрии записей электрокардиограммы, сейсмокардиограммы, пневмограммы, сфигмограммы и обсуждаются особенности конструкции датчиков и электродов, проблемы их фиксации на теле животных и человека в условиях полета, вопросы анализа данных. В монографии «Космическая кардиология» (Парин В. В., Баевский Р. М., Волков Ю. Н., Газенко О. Г., 1967) методам исследования в космосе посвящена специальная глава.

В. В. Парин был куратором и участником всех проектов создания радиоэлектронных приборов для космической медицины. Он был одним из инициаторов первой конференции по применению радиоэлектроники в медицине и биологии. В докладе В. В. Парина на конференции в 1958 году впервые прозвучали слова о применении вычислительных машин в медицине. (Парин В. В., 1958). На первых космических кораблях «Восток» и «Восход», важное значение имела микро-миниатюризация приборов из-за ограничения веса и габаритов оборудования. Примером развития «космической» биорадиоэлектроники являлась аппаратура первой космической экспедиции на корабле «Восход-1» с участием врача-космонавта Б. Б. Егорова (Парин В. В., Егоров Б. Б., Баевский Р. М., 1966).



Академик Парин В. В. во время выступления на 1 Международном симпозиуме по космической медицине и биологии. Дубна, июль 1968 г. РГАНТД. 0-882

Важным шагом было использование вычислительной техники в космической кардиологии. Одним из первых применений вычислительной техники в космической медицине стала разработка методов математического анализа сердечного ритма. Началось с «космической аритмии», выявленной в первых полетах животных и человека. Применение математических методов для обработки и анализа динамических рядов кардиоинтервалов потребовало использования электронных вычислительных машин. Специальный доклад, посвященный этой проблеме, был сделан В. В. Париним в 1965 году на пленарном заседании на конференции «Применение математических методов в авиационной и космической медицине» (Парин В. В., Газенко О. Г., Чехонадский Н. А., 1965).

В. В. Париним были поставлены задачи создания специализированных бортовых машин не только для обработки и анализа физиологических записей, но и для диагностики вероятных заболеваний. В докладе на XVII Международном астронавтическом конгрессе (Мадрид, 1966) была предложена программа развития методов физиологических измерений в космосе на основе широкого использования электроники и вычислительной техники.

В работе «Вопросы кибернетики и космической медицины» (Парин В. В., Баевский Р. М., 1963) подчеркивается, что космическая медицина использует самые последние достижения в науке и технике и методы кибернетики. Применение математических методов и вычислительной техники в космической медицине не исчерпывается задачами обеспечения автоматической обработки данных на борту. В будущем математическое прогнозирование может быть поручено электронным машинам на борту космического корабля или на Земле. Широкую перспективу открывает применение в космической физиологии теории автоматического регулирования. Другая важная область космической биологии, где намечается использование теории автоматического регулирования, — разработка замкнутых экологических систем. Такие системы необходимы для обеспечения длительных космических по-

летов, в них предусматривается моделирование естественных материально-энергетических связей организма человека с земной природой на основе создания искусственных животно-растительных сообществ, включающих и человека. В работе «Медицинская техника в космических исследованиях» (Парин В. В., Баевский Р. М., 1969) рассмотрены некоторые аспекты медицины и техники, связанные с исследованием космоса. Первые биологические эксперименты в космосе были важны для развития техники медицинских и физиологических измерений на борту космических кораблей-спутников. В начале использовались методы, взятые из земной практики и модифицированные применительно к новым условиям. Стали разрабатываться принципиально новые методы, например сейсмокардиография.

Развитию информационно-технического обеспечения космических полетов был посвящен доклад В. В. Парина на XV Международный конгрессе по авиационной и космической медицине в Праге (1966) о применении кибернетики для исследований в области космической физиологии. В нем были сформулированы основные принципы создания системы для регистрации физиологических функций в полете и обработки полученных данных. Вопросам медицинской кибернетики Василий Васильевич уделял большое внимание. Он являлся родоначальником этого нового в то время научного направления в СССР.

В 1960 году в «Вопросах философии» была опубликована статья В. В. Парина «Кибернетика в физиологии и медицине». Это была первая в Советском Союзе публикация по кибернетике, которую в нашей стране в 50-е годы считали «лженаукой». В 1962 году из печати выходит его небольшая книга «Биологические аспекты кибернетики», а в 1963 году — книга «Кибернетика в медицине и физиологии». Обе эти работы в основном обзорного характера явились важным стимулом к развитию в стране научных исследований с применением математических и кибернетических методов. Но наиболее важным научным трудом В. В. Парина в этой области, несомненно, является «Введение в медицинскую кибернетику» (Парин В. В., Баевский Р. М., 1966). Эта книга на протяжении многих лет была настольной книгой врачей, переиздана в Болгарии, Чехословакии, Югославии, Мексике. В монографии последовательно излагаются основные разделы медицинской кибернетики, связанные с рассмотрением живого организма как кибернетической системы, с применением кибернетических методов для анализа информации, диагностики и автоматизации исследований. В. В. Парин рассматривал медицинскую кибернетику как важный фактор прогресса в области познания фундаментальных закономерностей функционирования здорового и больного организма и в создании принципиально новых методов и средств оценки состояния организма и эффективности лечебно-профилактического воздействия. Глубоко интересовавшие В. В. Парина проблемы кибернетики были тесно связаны с разработкой новых методических подходов, в частности с развитием математического анализа сердечного ритма, впервые использованного в космической медицине и затем получившего широкое применение в физиологии и клинической практике. В. В. Парин прекрасно понимал значение развития общей теории управления в живом организме для медицинских и физиологических наук. Изложенные в книге представления о живом организме как о кибернетической системе сыграли важную роль при выполнении многих научных исследований.

Большое внимание, которое В. В. Парин уделял проблемам информационно-технического обеспечения космической медицины позволило уже в первых космических полетах получить достаточно большой объем научных данных и накопить определенный опыт оперативного медицинского контроля за членами космических экипажей. Для решения этой задачи

на борту космических кораблей устанавливалась специальная радиоэлектронная аппаратура, которая модифицировалась от полета к полету путем добавления новых блоков с целью получения все новой медицинской информации. На этом этапе освоения космоса медицинский контроль еще не отделялся от научных исследований, потому что каждый новый полет прибавлял новые знания, важные для оценки риска пребывания человека в космосе.

В. В. Парин считал важной задачей передачу информации на Землю и писал о развитии нового направления — космической биотелеметрии, которое исследует способы передачи медико-биологических данных с борта космических кораблей и спутников. В его работе «Структура и классификация биотелеметрических систем» (Парин В. В., Баевский Р. М., Геллер Е. С., 1971) говорится, что передача информации из космоса выдвигает специальные требования и к приемопередающей аппаратуре, к каналу связи, к источникам питания и к электродам, размещенным на теле космонавта.

Важно отметить, что в эти первые годы пилотируемых полетов системы медицинского контроля и бортовая аппаратура постоянно совершенствовались. Так в первом полете Юрия Гагарина регистрировались только электрокардиограмма и пневмограмма. Использовалась аппаратура «Вега-А» весом в 4 кг, хотя первоначально планировалось установить на корабле «Восток» аппаратуру «Вега» весом в 14 кг, которая обеспечивала регистрацию ЭКГ в трех отведениях, дыхания, артериального давления и температуры тела в 6 точках. (Бедненко В. С., Солошенко Н. Б., Диденко С. Н., 1995). Для контроля за космонавтами вне сеансов связи в аппаратуре «Вега-А» было предусмотрено специальное устройство «электрокардиофон». На каждый R-зубец электрокардио-

граммы в нем формировался звуковой сигнал, который передавался на Землю через коротковолновый радиопередатчик «Сигнал». Подобная же система ретрансляции частоты пульса астронавтов с поверхности Луны на Землю была создана спустя несколько лет при полетах кораблей «Аполлон».

В третьем и четвертом космических полетах на кораблях «Восток 3 и 4» (первый групповой космический полет) система медицинского мониторинга была существенно расширена. Дополнительно регистрировались электроэнцефалограмма и электроокулограмма, а также кожно-гальванический рефлекс с помощью приборов «Нейрон» и «Рефлекс», работавших совместно аппаратурой «Вега-А». Выбор указанных параметров был связан с тем, что в предыдущем суточном полете Г. С. Титова были обнаружены симптомы укачивания. Получило дальнейшее развитие и исследование сердечно-сосудистой системы: вместо кинетокардиограммы во втором полете в последующих полетах регистрировалась сейсмокардиограмма, характеризующая сократительную функцию сердца. На корабле «Восток-3» скафандр космонавта был оснащен большим числом датчиков и электродов. Многоканальная бортовая аппаратура через телеметрическую систему корабля в реальном масштабе времени во время сеансов связи передавала на землю обширную медицинскую информацию. Важным для совершенствования системы медицинского мониторинга устройством на кораблях «Восток» был автономный магнитный регистратор для записи частоты пульса и дыхания на участке спуска, когда передача информации с борта космического корабля невозможна.

На корабле «Восход-1», впервые экипаж состоял из трех человек и включал врача. Система медицинского контроля здесь уже была отделена от системы научных медицинских ис-



Летчик-космонавт СССР Гагарин Ю. А. и действительный член Академии медицинских наук СССР Парин В. В. дают интервью заведующему студией астронавтики телевидения ГДР, вице-президенту общества астронавтики ГДР Хейнцу Милке (слева) в связи с годовщиной первого космического полета.

Фото Азарова Б.

Москва, апрель 1962 г.

РГАНТД. 1-13673

следований. На участке выведения и участке спуска с помощью аппаратуры «Вега-3» проводилась непрерывная регистрация электрокардиограммы, пневмограммы и сейсмокардиограммы одновременно со всех членов экипажа. Для непрерывного медицинского мониторинга вне сеансов связи на борту корабля имелся «пневмоэлектрокардиофон» для передачи на землю одновременно и частоты пульса и частоты дыхания. Для научных исследований использовалась аппаратура «Полином», позволявшая регистрировать электроокулограмму, электроэнцефалограмму, электродинамограмму и двигательные акты письма. Это была первая космическая лаборатория для изучения координации движений, мышечной силы и нейрофизиологических исследований. Следует отметить, что корабль «Восход» имел улучшенные системы посадки, которые уменьшали вибрацию и перегрузки экипажа, наддувной внешний шлюзовой отсек для выхода космонавтов из корабля, а также были созданы условия работы без скафандра, которые устранили необходимость использования громоздких и ограничивающих движения скафандров. Такой микроклимат жизнеобеспечения был создан за счет новой системы химического восполнения, воспроизводившей атмосферу с подобным земному составом. В начале 1962 г., экипаж корабля «Восход-2» осуществил первый выход в открытый космос. Аппаратура медицинского контроля была дополнена внутрикабинным индикаторным пультом для контроля частоты пульса, частоты дыхания и температуры тела в подмышечной области во время внекорабельной деятельности. Таким образом, полеты кораблей «Восход» были важным этапом освоения космического пространства (первая космическая экспедиция, первый выход в открытый космос).

Система медицинского контроля в первых пилотируемых полетах создавалась при непосредственном участии В. В. Парина. Он оказал также большое влияние на развитие этой системы применительно к транспортным кораблям «Союз», полеты которых были начаты с 1967 года. Поскольку корабль «Союз» на протяжении более 30 лет оставался основным транспортным средством в российских (советских) космических пилотируемых полетах, целесообразно более подробно остановиться на системе медицинского контроля членов экипажа. Несмотря на серьезные модификации корабля «Союз» в конце 70-х и в 80-е годы, его бортовая медицинская аппаратура по своей структуре и функциям практически не изменилась. Установленная на современных транспортных кораблях «Союз-ТМ» аппаратура «Альфа-06» и «Бета-08» имеют своих прямых предшественников на первых кораблях «Союз». Бортовая аппаратура медицинского контроля «Альфа» обеспечивала измерение и передачу на наземные измерительные пункты в зонах прямой радиовидимости по радиотелеметрическим линиям связи электрокардиограммы (ЭКГ), сейсмокардиограммы (СКГ), пневмограммы (ПГ) и частоты пульса (ЧП). Эта аппаратура включала в себя устройства съема информации, располагаемые на каждом из космонавтов под нателным бельем (электроды и датчики) и усилительно-преобразовательный блок, устанавливаемый в спускаемом аппарате и подключенный к бортовой кабельной (А. Д. Носкин, А. Д., Кожаринов, В. И. Комарова, 2001).

Комплекс аппаратуры «Бета» обеспечивал передачу по радиотелеметрии ЭКГ, пневмограммы и температуры тела при работе членов экипажа в открытом космосе. Усилительно-преобразовательный блок размещался в ранце каждого выходного скафандра. Передача информации от скафандра на борт станции осуществлялась по фалу или с использованием специальной телеметрической системы и далее на Землю через бортовую радиотелеметрическую систему.

Еще при жизни Василия Васильевича (19 апреля 1971 года) была выведена на орбиту первая орбитальная космическая станция «Салют-1». Оснащение этой станции включало прак-

тически все элементы медицинского обеспечения современных орбитальных станций. Система медицинского контроля основывалась на описанной выше аппаратуре «Альфа». Аппаратура «Полином 2М» позволяла проводить медицинские исследования с регистрацией большого числа показателей кардиореспираторной системы. Был впервые применен программный принцип построения бортовых систем для углубленных медицинских исследований. «Полином 2М» обеспечивал реализацию трех программ обследований (Бедненко В. С., Солошенко Н. Б., Диденко С. Н., 1995).

2. Современное состояние космической информационной технологии и телемедицины

Естественно, что современные информационные технологии ушли далеко вперед и технологические возможности 1960-х годов сегодня представляются, по меньшей мере, примитивными. Однако общие принципы сбора и анализа информации, получаемой во время пилотируемых космических полетов, фактически не изменились. Также сохранилось разделение информационного обеспечения на оперативный медицинский контроль и на систему научных исследований. По-прежнему, большое значение придается передаче достижений космической медицины в практику здравоохранения. В этом плане ведущее место занимают биоинформатика и телемедицина, развитие которых в 60-е годы начиналось в области космических исследований. Важное значение придавалось использованию космических технологий в практике здравоохранения. Взаимопроникновение космических и земных проблем в области информатики тесно связано с именем Василия Васильевича Парина. Как уже отмечалось выше, он как вице-президент Академии медицинских наук был одним из руководителей «технизации» биологических и медицинских наук в 50–60-е годы в СССР. Будучи одновременно одним из ведущих ученых в области космической медицины он заботился о том, чтобы в использовании новых информационных технологий земная медицина не отставала от космической, а космическая медицина передавала все свои достижения земной. Эта тенденция сохранилась и окрепла в последующие годы.

Одним из наглядных примеров «вторжения» космической медицины в земные проблемы является создание в 1982 году, передвижной автоматизированной лаборатории «Автосан-82» для экспресс-оценки состояния здоровья (Адамович Б. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. и др., 1990). Эта лаборатория была «детисцем» Института медико-биологических проблем (ИМБП) и Московского областного научно-исследовательского клинического института (МОНКИ). По существу, это был автобус, оснащенный бортовой медицинской аппаратурой, аналогичной аппаратуре орбитальной станции «Салют-6». Дополнительно использовалась и специализированная ЭВМ, которая появилась на борту а космосе только через 10 лет. В передвижной лаборатории был реализован принцип оценки здоровья космонавтов применительно к задачам массовых профилактических обследований населения. Тогда впервые была использована шкала оценки уровня здоровья «Светофор», которая в дальнейшем приобрела широкую популяр-

ность. При массовых обследованиях оказалось, что людей со срывом адаптации, т. е. относящихся к «красной» группе, требующих консультации врача и диагностики возможных заболеваний, выявляется в среднем около 10%. Но и в «зеленой» группе (физиологическая норма) их не более 15–30%. Оказалось, что большинство людей (70–80%) находятся в состояниях, пограничных между здоровьем и болезнью (желтая зона). Это означает, что предпочтение должно быть отдано не лечебной, а профилактической медицине, т. е. большинство людей нуждаются не в лечебной помощи, а в оздоровительно-профилактических мероприятиях).

Передвижная автоматизированная лаборатория «Автосан-82» дала начало новому направлению в профилактической медицине. Это направление получило название «донозологической диагностики», т. е. диагностики состояний до развития болезни (нозологика — наука о болезнях). Донозологический подход к оценке здоровья возник в космической медицине, где медицинский контроль был направлен на выявление самых начальных отклонений в состоянии организма космонавтов, предшествующих развитию заболеваний. В 80-е годы новый принцип оценки здоровья, пришедший из космической медицины, был достаточно обоснован научно (Берсенева А. П., 1991) и были проведены обширные донозологические исследования работников промышленных предприятий в разных регионах страны. В 1989 году донозологический принцип был практически реализован в виде автоматизированного комплекса «Вита-87», который был рекомендован Минздравом СССР к использованию в системе всеобщей диспансеризации населения. Полученные в те годы результаты до настоящего времени не потеряли своей научной и практической значимости.

В 70–90-е годы технологии космической медицины продолжали развиваться в тех же направлениях, что и при жизни В. В. Парина. Все шире стала использоваться вычислительная техника как на борту орбитальных станций, так и для обработки и анализа получаемой из космоса медицинской информации. Началом эпохи долговременной и непрерывной эксплуатации пилотируемых орбитальных станций можно считать 1-ю экспедицию на станцию «Салют-6». В этой экспедиции впервые была осуществлена регистрация баллистокардиограммы в условиях невесомости. Об этом мечтал Василий Васильевич Парин, который был основоположником баллистокардиографии в нашей стране. Этот метод в 50–60-е годы был одним из самых популярных в клинической медицине и в физиологии. Вот как определял В. В. Парин сущность баллистокардиографии (1963): «В основе баллистокардиографии лежит регистрация изменений положения общего центра тяжести тела, которые зависят от ритмического смещения масс (центров тяжести отдельных участков) при сердечном сокращении и движении крови в крупных сосудах. Эти перемещения являются, по существу, вынужденными колебаниями. Генератором этих колебаний является общий центр тяжести тела. Если бы тело могло быть помещено без всяких опор в пространстве, то при отсутствии внешнего сопротивления его перемещения в точности соответствовали бы перемещениям общего центра тяжести». Эти строки отражают мечту Василия Васильевича записать баллистокардиограмму в условиях невесомости. К сожалению, в те годы это было невозможно из-за малого объема кабин космических кораблей. Как только появилась орбитальная станция (ОС) «Салют-6» эта мечта В. В. Парина была реализована. Первая запись баллистокардиограммы в условиях невесомости была осуществлена командиром первой экспедиции на эту станцию космонавтом Ю. Романенко 23 декабря 1977 года.

Систематические баллистокардиографические исследования в космосе были проведены на ОС «Салют-6» и «Мир» (Баевский Р. М., Фунтова И. И., 1982; Баевский Р. М., Фунтова И. И., Закатов М. Д., 1987; Баевский Р. М., Мозер М.,

Поляков В. В. и др., 1998). В 1980-е годы на ОС «Мир» были проведены комплексные исследования кровообращения с использованием различных методов, включая баллистокардиографию. Впервые были получены данные векторной баллистокардиографии при регистрации пульсовых перемещений тела по трем осям (Баевский Р. М., Фунтова И. И., Гроза П. П., 1984). В начале 1990-х годов большая серия баллистокардиографических исследований в космосе была осуществлена в рамках совместной российско-австрийской научной программы. Баллистокардиограмма регистрировалась совместно с сейсмокардиограммой, сфигмограммой и электрокардиограммой. Особый интерес представляют баллистокардиографические исследования во время сна, которые впервые были проведены во время 9-й экспедиции на ОС «Мир», а затем получили активное развитие в российско-австрийской программе (Баевский Р. М., Мозер М., Поляков В. В. и др., 1998). В 1991 году в 6-й экспедиции на ОС «Мир» был проведен уникальный эксперимент «Вектор», где впервые пространственная баллистокардиограмма (запись одновременно по трем осям) была получена на разных этапах длительного космического полета. И хотя все эти исследования были проведены почти через четверть века после ухода из жизни Василия Васильевича Парина, они, несомненно, являются результатом того стимула к развитию баллистокардиографических исследований в космосе, который был дан им в 1960-е годы.

За прошедшие 50 лет небывалые темпы технического прогресса кардинально изменили окружающий мир. Сотовая связь и Интернет, микроэлектроника и принципиально новые средства анализа информации вооружили медицину новыми техническими возможностями, в том числе позволили развить телемедицину, сделав ее доступной широкому кругу медицинских учреждений, включая сельскую местность и отдаленные и труднодоступные районы. Теперь телемедицинские технологии используются уже не только в космонавтике, но и в практике здравоохранения и в прикладных физиологических исследованиях.

В этом плане заслуживает специального внимания анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), впервые использованный благодаря инициативе Василия Васильевича Парина еще в 60-е годы во время первых космических полетов животных и человека. Этот метод оценки состояния систем регуляции и управления в целостном организме, получил широкое распространение после организованного В. В. Париным в Москве в 1966 году первого в мире симпозиума по кибернетическому (математическому) анализу сердечного ритма (Парин В. В., Баевский Р. М., 1968). В скором времени после симпозиума и у нас и за рубежом были опубликованы сотни работ, в которых описано применение этого метода в экспериментальной и прикладной физиологии, клинической медицине и практике, в космической и авиационной медицине, спортивной медицине и физиологии труда, в инженерной психологии и курортологии (Heart rate variability, 1996; Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др., 2001). Анализ ВСР в то время явился новым направлением в физиологии и патологии кровообращения, объединившим традиционные для русской физиологической школы идеи нервизма с современным информационным системным подходом к изучению процессов управления в живом организме. В настоящее время космическая медицина сохраняет лидирующее место в развитии методов анализа ВСР. Эти методы активно использовались в научных исследованиях на орбитальных станциях «Салют» и «Мир». В настоящее время на Международной космической станции регулярно проводятся научные эксперименты «Пневмокард» и «Сонокард», в которых анализ ВСР играет ведущую роль. На основе анализа ВСР разработаны методы оценки функционального состояния организма и определения риска развития патологии (А. Г. Черникова, 2010).

Недавно завершился уникальный наземный эксперимент по моделированию пилотируемого полета к Марсу. В этом эксперименте широко использовались перспективные информационные технологии, в том числе телемедицинские системы для оценки функционального состояния организма и выявления предшествующих развитию болезни донологических состояний. Одновременно с исследованием шести добровольцев — испытателей в герметичном объекте-макете межпланетного корабля проводилось исследование 12 контрольных групп практически здоровых людей, находящихся в разных регионах мира (www.iki.rssi.ru/mars500, Орлов О. И., Баевский Р. М., Пугачев В. И. и др., 2011). В течение 520 суток проводились ежемесячные обследования «марсианского экипажа» и более 120 человек, живущих и работающих в естественных производственно-климатических условиях. В результате получена уникальная база данных физиологических параметров (преимущественно характеризующих систему кровообращения и вегетативную регуляцию), которая станет основой для разработки нормативных показателей здоровья. Такие показатели крайне нужны для долговременного контроля за функциональным состоянием людей, живущих и работающих в стрессорных условиях, например космонавтов, полярников, подводников. Благодаря проведенным исследованиям возникло новое научное направление — телемедицинская экология, которое исследует изменения здоровья под влиянием факторов окружающей среды и связанный с ним риск развития патологии (Орлов О. И., Баевский Р. М., Берсенева А. П. и др., 2010).

Заключение

Г. И. Косицкий (1983) писал: «Если окинуть мысленным взором путь, который совершила наука после ухода от нас В. В. Парина, вспомнить о развитии экспериментальной и профилактической кардиологии, клинической физиологии, медицинской техники, физиологической и медицинской электроники, биологической и физиологической кибернетики, о применении в биологии методов математического моделирования, вычислительной техники, развитии космической физиологии и медицины, о прогнозировании состояния человека в экстремальных условиях, то можно с некоторым удивлением убедиться, что у истоков этих направлений стоял В. В. Парин. Мне думается, личность В. В. Парина как ученого, гражданина и человека будет тем масштабнее, чем больший период отделит нас от времени, в котором он жил и работал» (Косицкий Г. И., 1983).

Судьба научных идей, изложенных в работах В. В. Парина, неоднозначна. Одни из них, получили развитие еще при жизни ученого, другие, как например, проблема прогнозирования, активно разрабатывались в конце 70-х, начале 80-х годов, на первом этапе осуществления длительных многомесячных полетов на орбитальных станциях. Тогда еще недостаточно были изучены реакции организма человека на длительное действие невесомости и задачи обеспечения безопасности полетов требовали развития системы прогнозирования. В те годы, в связи с отсутствием необходимой информации о механизмах приспособления к новым необычным условиям космического полета для практического использования в системе медицинского контроля были разработаны методы экспертного прогнозирования.

Новый этап активного обращения к научным трудам В. В. Парина наступил в 90-е годы, когда отечественные и зарубежные исследователи стали глубоко интересоваться регуляцией

физиологических функций в полете и, в частности, регулирующей артериального давления и сердечного ритма, что связано с проблемой профилактики ортостатических расстройств. Наконец, в наши дни, в начале нового тысячелетия, пришла пора обратиться к научным идеям Василия Васильевича, связанным с проблемой межпланетных полетов. И, хотя первый пилотируемый полет к Марсу, по-видимому состоится еще очень нескоро, реальная подготовка к нему уже началась, о чем свидетельствует проведенный в Институте медико-биологических проблем РАН 520-суточный эксперимент по моделированию пилотируемого полета к Марсу (www.imbp.ru/mars500).

Неоспоримым является выдающийся вклад В. В. Парина в проблему изучения регуляции физиологических функций в полете. В статье «Пути развития космической физиологии» (Парин В. В., 1968) он писал: «Только глубоко изучив механизмы регуляции и компенсации функций организма, можно управлять ими и тем самым обеспечивать гомеостаз организма (разумеется на ином, но адекватном уровне в соответствии с новыми условиями)». По инициативе В. В. Парина в космической медицине получил развитие анализ variability сердечного ритма как ценный метод неинвазивного изучения состояния различных звеньев системы вегетативной регуляции. Космическая медицина первой поставила себе на службу эту новую методологию, которая в дальнейшем получила развитие и была активно использована в различных областях клинической медицины и прикладной физиологии, а в настоящее время получила широкое мировое признание.

Хорошо известны крылатые слова великого физиолога И. П. Павлова о том, что «с каждым новым шагом методики перед наукой открываются новые горизонты с ранее неизвестными предметами». Эти слова как нельзя лучше применимы к космической медицине. Новая наука, имеющая дело с объектами, находящимися на большом расстоянии от исследователя, остро нуждалась в адекватных методах исследования. В. В. Парин, еще в «докосмический» период занимавшийся разработкой новых методик, как уже говорилось, являлся одним из основоположников медицинской электроники и кибернетики в Советском Союзе.

Творческое наследие В. В. Парина являлось и является источником идей, к разработке которых вновь и вновь возвращаются специалисты по космической медицине. На данном этапе, в начале второго тысячелетия, на повестку дня стала подготовка первых пилотируемых полетов к Марсу. Пришла пора обратиться к идеям Василия Васильевича о создании бортовых вычислительных машин медицинского назначения. Необходимо развивать методы автоматического анализа медицинской информации, разрабатывать эффективные диагностические алгоритмы, исследовать вероятностные аспекты заболеваемости в межпланетном полете. Как известно, будущее — это продолжение прошлого и настоящего. Знания и опыт, накапливаемые сегодня космической медициной и физиологией — это база для последующих шагов по освоению человечеством космического пространства. Несмотря на более чем 30-летний период, отделяющий нас от научных публикаций В. В. Парина, он и сегодня вместе с нами участвует в непрерывном процессе развития все еще молодой науки — космической медицины и физиологии.

Литература

1. 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.

2. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем. // Вестник аритмологии, 2001, 24, с.69–85
3. Баевский Р. М., Фунтова И. И., Баллистокардиографические исследования во время 4-й экспедиции на орбитальной станции «Салют-6».
4. Баевский Р. М., Фунтова И. И., Закатов М. Д. Баллистокардиографические исследования в невесомости. Вестник АМН СССР, 1987, с.77–84;
5. Баевский Р. М., Мозер М., Поляков В. В. и др. Адаптация кровообращения к условиям длительной невесомости: баллистокардиографические исследования во время 14-месячного космического полета. Авиакосм. и эколог. мед., 1998, 2., с.23–30
6. Берсенева А. П. Принципы и методы массовых донозологических обследований с использованием автоматизированных систем. Автореф. докт. дисс., Киев, 1991, 27 с.
7. Бедненко В. С., Солошенко Н. Б., Диденко С. Н. Бортовая система медицинского контроля за состоянием здоровья космонавтов. Авиационная и космическая медицина. Психология. Эргономика. М., Полет, 1995, с.332–347.
8. Григорьев А. И., Баевский Р. М., Галева Н. Ю. Василий Васильевич Парин и его роль в развитии космической медицины и физиологии. М., Слово, 2004, 176 с.
9. Косицкий Г. И., Марковская Г. И. В. В. Парин (1903–1971). – М.: Медицина, 1968, 110 с. – (Выдающиеся деятели медицины / АМН СССР). – Библиография «Список основных трудов В. В. Парина»: с. 108.
10. Носкин А. Д., Кожаринов В. И., Комарова Л. М. Средства медицинского обеспечения космонавтов орбитальной станции «Мир». Орбитальная станция «Мир». М., 2001, с. 42–75.
11. Орлов О. И., Баевский Р. М., Берсенева А. П. и др.. Телемедицинская экология как новое научно-практическое направление. «Клиническая информатика и Телемедицина». 2010, т.6, Вып.7, с. 69–76.
12. Орлов О. И., Баевский Р. М., Пугачев В. И. и др Телемедицинские аспекты оценки риска развития заболеваний у практически здоровых людей. Предварительные результаты долговременных медико-экологических исследований. «Клиническая информатика и Телемедицина» 2011, т.7, вып. 8, с. 50–57.
13. Парин В. В., Баевский Р. М., Газенко О. Г. Сердце и кровообращение в условиях космоса *Cox et vasa*, 1965, №7, с. 165–183.
14. Парин В. В. Задачи, выдвигаемые медициной и биологией перед радиоэлектроникой. Конференция по применению радиоэлектроники в медицине и биологии. М., 1958, с.60–63.
15. Парин В. В., Газенко О. Г., Чехонадский Н. А. Перспективы применения математических методов в авиационной и космической медицине. Конференция «Применение математических методов в авиационной и космической медицине». Техника., М.,1965, с.19–20.
16. Парин В. В., Егоров Б. Б., Баевский Р. М. Физиологические измерения в космосе. Принципы и методы. XVII Международный астронавтический конгресс. (Мадрид, 9–15 октября 1966 г.), М. 1966, 20 с.
17. Парин В. В., Баевский Р. М. Вопросы кибернетики и космической медицины. Известия АН СССР, Сер.биолог., 1963, 1, с.9–14.
18. Парин В. В., Баевский Р. М. Медицинская техника в космических исследованиях. Научная мысль. 1969, вып.2., с.59–63.
19. Парин В. В., Баевский Р. М. Введение в медицинскую кибернетику. М., Медицина, 206 с.
20. Парин В. В., Баевский Р. М., Геллер Е. С. Структура и классификация биотелеметрических систем. Биологическая телеметрия. М., 1971. с. 35.
21. Парин В. В., Баевский Р. М., Волков Ю. Н., Газенко О. Г. Космическая кардиология. Л, Медицина 1967, 206 с.
22. Парин В. В., Баевский Р. М. (ред). Математический анализ сердечного ритма в физиологии и клинике. Материалы симпозиума. М., 1968.
23. Парин В. В. Пути развития космической физиологии. Косм. биол. и мед., 1968,1, с.3–11.
24. Черникова А. Г. Оценка функционального состояния человека в условиях космического полета на основе анализа variability сердечного ритма, Автореферат. канд. дисс., ИМБП, М., 2010, 24 с.
25. Baevskii R. M., Funtova I. I., Groza P. P. (Results of ballistocardiographic studies during 12-hour cosmic flights). *Physiologie*. 1984;21:133–138.
26. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*. 1996. Vol. 93., p. 1043–1065.
27. www.iki.rssi.ru/mars500
28. www.imbp.ru/mars500

The role of academician V. V. Parin in development of space telemedical technologies

A. I. Grigoriev, O. I. Orlov, R. M. Baevsky
Institute of biomedical problems Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract

The article is devoted to a role of the outstanding Soviet physiologist academician Vasily Vasiljevich Parin in development of space telemedical technologies. This new scientific — practical direction which has arisen in the beginning of second half of the last century is closely connected to successes of the space medicine which have provided the first human flights in space. Academician V. V. Parin stood at sources of all these important events. Work in the field of space medicine and physiology was for V. V. Parin a natural continuation of his creative way as the large domestic scientist known for the researches in the field of physiology of blood circulation. V. V. Parin was the founder of space cardiology — one of leading directions of modern space medicine. Being one of leaders of space medicine and physiology Vasily Vasiljevich, first of all, has paid attention to its technical equipment, on problems of reception of the medical and biologic information onboard space objects, data transmission to the Earth and the further analysis of this information.

The first section of the article is devoted V. V. Parin's role in development of means of informatical and technical maintenance of the first human space flights. He was the curator and the participant of all projects of creation of radio-electronic devices for space medicine. The big attention was given to development of methods of medical and physiological information analysis, application of mathematical methods, computer facilities and cybernetics. Problems of cybernetics deeply interested for V. V. Parin have been closely connected to development of new methodical approaches, in particular with development of the mathematical analysis of the heart rhythm which for the first time used in space medicine and then has received wide application in physiology and clinical practice. The system of the medical control over the first human flights was created at V. V. Parina's direct participation. Under his management there was a development of space biotelemetry which investigates and develops ways of transfer of medical and biologic spacecrafts translated from a board and satellites.

In the second section of the article the modern condition of space information technology and a telemedicine is considered. It is shown, that though modern information technologies have left far forward, but the general principles of gathering and the analysis of the information received during human space flights, actually have not changed. The next years the great value was given to use of space technologies in practice of public health services. Connection of space and terrestrial problems in the field of computer science is closely connected to Vasily Vasiljevich Parin's name. He always aspired that in use of new information technologies the terrestrial medicine did not lag behind from space, and the space medicine transferred all achievements terrestrial.

In the article examples of creation of new medical technologies are resulted on the basis of the techniques for the first time used in space. In development of modern technologies of space medicine influence of ideas of V.V.Parin also is shown. Evident examples can serve the ballistocardiographic researches in space.

In the conclusion the destiny of the scientific ideas stated in works to V. V. Parin is emphasized, that, is ambiguous. One of them, have received development at a life of the scientist, others were actively developed at the end of 70, the beginning of 80th years, and a number of positions starts to be developed only today. So, at the modern stage, in the beginning of the second millenium when on the agenda there was a preparation of the first human flights to Mars, has come it is time to address to Vasily Vasiljevich's ideas about creation of onboard computers of medical purpose. V. V. Parina's creative heritage was and is a source of ideas to which development again and again experts on space medicine come back.

Key words: telemedical technologies, space flights, space medicine, academician V. V. Parin, onboard computers.

Роль академіка В. В. Парина у розвитку космічних телемедичних технологій

А. І. Григор'єв, О. І. Орлов, Р. М. Баєвський

Інститут медико-біологічних проблем РАН, Москва, Росія

Резюме

Стаття присвячена ролі видатного радянського фізіолога академіка Василя Васильовича Парина у розвитку космічних телемедичних технологій. Цей новий науково-практичний напрямок, що виник на початку другої половини минулого століття, тісно пов'язаний з успіхами космічної медицини, що забезпечила перші польоти людини в космос. Академік В. В. Парин стояв біля витоків всіх цих важливих подій. Робота в галузі космічної медицини і фізіології була для В. В. Парина природним продовженням його творчого шляху як видатного вітчизняного вченого, відомого своїми дослідженнями в галузі фізіології кровообігу. В. В. Парин є засновником космічної кардіології — одного з провідних напрямів сучасної космічної медицини. Будучи одним з лідерів космічної медицини і фізіології, Василь Васильович, насамперед, звернув увагу на її технічну оснащеність, на проблеми отримання медико-біологічної інформації на борту космічних об'єктів, передачі даних на Землю і подальшого аналізу цієї інформації. Перший розділ статті присвячений ролі В. В. Парина у розвитку засобів інформаційно-технічного забезпечення перших пілотованих космічних польотів. Він був куратором і учасником всіх проектів створення радіоелектронних приладів для космічної медицини. Велика увага приділялася розвитку методів аналізу медико-фізіологічної інформації, застосування математичних методів, обчислювальної техніки і кібернетики. Глибоко цікаві для В. В. Парина проблеми кібернетики були тісно пов'язані з розробкою нових методичних підходів, зокрема з розвитком математичного аналізу серцевого ритму, вперше використаного в космічній медицині, що потім отримав широке застосування у фізіології та клінічній практиці. Система медичного контролю в перших пілотованих польотах створювалася за безпосередньої участі В. В. Парина. Під його керівництвом відбувався розвиток космічної біотелеметрії, яка досліджує та розробляє способи передачі медико-біологічних даних з борту космічних кораблів і супутників. У другому розділі статті розглядається сучасний стан космічних інформаційних технологій і телемедицини. Показано, що хоча сучасні інформаційні технології пішли далеко вперед, загальні принципи збору та аналізу інформації, яку отримують під час пілотованих космічних польотів, фактично не змінилися. У наступні роки важливе значення надавалося використанню космічних технологій в практиці охорони здоров'я. Взаємопроникнення космічних і земних проблем в галузі інформатики тісно пов'язане з ім'ям Василя Васильовича Парина. Він завжди прагнув, щоб у використанні нових інформаційних

технологій земна медицина не відставала від космічної, а космічна медицина передавала всі свої досягнення земній. У статті наводяться приклади створення нових медичних технологій на основі методик, вперше використаних в космосі. У розвитку сучасних технологій космічної медицини також проявляється вплив ідей В. В. Парина. Наочним прикладом можуть служити баллістокардіографічні дослідження в космосі. У висновку підкреслюється, що доля наукових ідей, викладених у роботах В. В. Парина, неоднозначна. Одні з них, отримали розвиток ще за життя вченого, інші активно розроблялися в кінці 70-х, початку 80-х років, а ряд положень починає розроблятися лише в наші дні. Так, на даному етапі, на початку другого тисячоліття, коли на порядок денний стала підготовка перших пілотованих польотів на Марс, прийшла пора звернутися до ідей Василя Васильовича про створення бортових обчислювальних машин медичного призначення. Творча спадщина В. В. Парина була і залишається джерелом ідей, до розробки яких знову і знову вертаються фахівці з космічної медицини.

Ключові слова: телемедичні технології, космічні польоти, космічна медицина, академік В. В. Парин, бортові комп'ютери.

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