

История научно-технического развития транстелефонной электрокардиографии в СССР (1960–1991-е гг.)

А.В. Владзимирский

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия;
a.vladzimirsky@nrcmr.ru

В начале XX в. эволюция научных исследований в сфере электрофизиологии потребовала создания технологий дистанционной передачи электрокардиосигнала по телефонным линиям связи (для проведения масштабных экспериментов). В середине столетия появился запрос со стороны практического здравоохранения на развитие научного познания метода транстелефонной электрокардиографии. С позиции истории науки и техники эти события и процессы остаются неизученными. Установлено, что процесс научного развития транстелефонной электрокардиографии отличался синергией эволюции инженерно-технических и методологических аспектов. Становление и совершенствование данной области знаний связано с деятельностью нескольких объединений учёных, соединявших представителей медицинских и инженерных дисциплин. Многолетнее научно-техническое развитие транстелефонной электрокардиографии привело к появлению системы научных знаний о технологиях передачи данных и об организационно-клинических способах их практического применения. Это послужило основой для общегосударственного внедрения научно обоснованной модели дистанционной кардиологической помощи. Модель стала причиной положительных социальных преобразований.

Ключевые слова: телемедицина, история электросвязи, транстелефонная электрокардиография, телеЭКГ, Э.Ш. Халфен, Л.В. Чирейкин.

Актуальность. Электрофизиология представляет собой самостоятельную отрасль научных знаний, отличающуюся многообразной историей становления и развития. В начале XX в. возникла необходимость передачи результатов электрофизиологических исследований (в частности — результатов электрокардиографии (ЭКГ)) на расстояние. Это было обусловлено сложностью, габаритами и хрупкостью оборудования, применяемого для фиксации электрокардиосигнала. Соответствующую аппаратуру конструировали и использовали, как правило, в лабораториях. Однако

такое размещение оборудования позволяло лишь осуществлять ограниченные испытания, а масштабные физиологические эксперименты оставались недоступными. Возникла идея разделить съём и регистрацию ЭКГ, обеспечив передачу данных по телефонным каналам связи на расстоянии (Einthoven, 1906). Ранний этап научно-технического развития соответствующей отрасли научных знаний — транселефонной электрокардиографии — изучен в иных публикациях (Matthewson, 1955; Varold, 2003; Hjelm, 2005; Strehle, 2006; Владимирский, 2019). Со временем, в середине XX в., произошёл качественный переход: метод транселефонной электрокардиографии стал рассматриваться не столько как способ организации научных исследований в физиологии, но как средство инструментальной диагностики. В этот период происходит интенсивное формирование системы соответствующих научных знаний, происходит научно-техническое развитие метода транселефонной электрокардиографии. Однако данный вопрос практически не изучен; не выявлены взаимосвязи между запросами практики и развитием научного познания.

Задача исследования: систематизировать основные тенденции и закономерности становления и развития научных знаний, связанных с созданием и использованием технологий транселефонной электрокардиографии.

Историография. Научная новизна нашего исследования подчёркивается скудностью историографических источников по проблеме. Фактически единственной тематической работой можно считать монографию С.А. Гаспаряна и Е.С. Пашкина (Гаспарян, 2002). В этой книге достаточно системно и комплексно изложены вопросы истории автоматизации медицинской деятельности. Вместе с тем научно-техническая история транселефонной ЭКГ изложена поверхностно, с акцентом только на технологической эволюции автоматизированного (компьютерного) анализа соответствующих данных. Авторы статей о научно-техническом развитии телемедицинских технологий ограничиваются лишь констатацией факта наличия систем транселефонной ЭКГ и структур по их применению в практическом здравоохранении («дистанционных диагностических центров» — ДДЦ) в изучаемый период времени (Леванов, 2013; Осокина, 2019; Шепель, 2019; Уфимцева, 2021). Дополнительный, но весьма скудный материал дают биографические и публицистические статьи. Фактически исследования тенденций и закономерностей научно-технического становления и развития изучаемой отрасли научного знания не проводилось.

Источниковая база исследования представлена совокупностью научных трудов, отчётов о научно-исследовательских работах, архивных, публицистических, биографических материалов, фотоматериалов.

Географические рамки исследования: территория СССР; хронологические: период с 1960 по 1991 г.

Методологически исследование основывается на системном подходе, историко-генетическом и общенаучных методах.

Научно-техническое развитие дистанционной передачи результатов электрокардиографии (транселефонная электрокардиография или телеЭКГ) должно рассматриваться с двух позиций:

1. В контексте эволюции динамической биорадиотелеметрии — т. е. беспроводной передачи и отведения ЭКГ в режиме реального времени от свободно движущегося биологического объекта (посредством носимого комплекта оборудования) с целью контроля и изучения физиологии сердечной деятельности. Такие техноло-

гии развивались в СССР с 1950-х гг., они нашли своё применение в аэрокосмической, спортивной медицине, медицине труда. Подробно этот вопрос описан в иных наших публикациях.

2. В контексте истории развития научных основ клинической диагностики — проводной или беспроводной передачи ЭКГ в 3, 6, но чаще всего в 12 отведениях с целью скрининга или диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы. Собственно, этому вопросу и посвящена данная статья.

В СССР первые опубликованные работы по телеЭКГ принадлежат перу академика Зигмаса Ипполитовича Янушкевичуса (1911—1984). Основоположник космической медицины академик Василий Васильевич Парин так указывал на этот факт в 1965 г.:

В СССР впервые успешная передача электрокардиограммы по телефону произведена З.И. Янушкевичусом и А.О. Стасюнасом сначала в пределах Литовской ССР, а затем из Каунаса в Москву (расстояние около 900 км) <...> В аппаратуре, разработанной в Каунасе, передача информации при помощи специальной приставки возможна из любой телефонной будки (Бабский, 1965, с. 18)

В период 1963—1966 гг. в Каунасском медицинском институте (Литовская ССР) группа учёных под руководством З.И. Янушкевичуса вела разработку оригинального технического решения. Существовавшие на тот момент аналоги (в том числе, зарубежные) позволяли работать только с электрокардиосигналом, а группа Янушкевичуса расширила возможности дистанционной диагностики за счёт трансляции результатов фонокардиографии — метода графической регистрации результатов аускультации сердца (Янушкевичус, 1963; Янушкевичус, 1965). Проведя серию опытов в 1966 г., проф. Янушкевичус утверждал, что: «вопрос передачи ЭКГ по телефону можно считать решенным <...> Также несложно передать по каналам телефонной связи и другие кривые: баллистокардиограммы, сфигмограммы, флебограммы, электроэнцефалограммы» (Янушкевичус, 1966, с. 11). Вместе с тем отмечались сложности трансляции результатов фонокардиографии. Причина этого заключалась в том, что для передачи фонокардиограммы (ФКГ) требовали каналы связи принципиально большей ёмкости, чем каналы для трансляции ЭКГ. Для решения этой проблемы группа Янушкевичуса использовала «огигающую ФКГ», частотная характеристика которой составляла «0,1 100 гц». Суть метода состояла в выделении низкочастотной огигающей звуковых частот путём детектирования и интегрирования выходных сигналов фонокардиографического усилителя (Сисакян, 1962). Протицируем:

В телеконсультативном центре её [огигающую ФКГ. — *Прим. автора*] запишут на любом электрокардиографе <...> или магнитной ленте. Узкий характер огигающей ФКТ будет способствовать подаче её по телефонным каналам в электро-диагностическую машину (Янушкевичус, 1966, с. 12).

Таким образом, группой Янушкевичуса проблематика дистанционной фиксации результатов функциональных исследований рассматривалась широко, включала не только решение проблем качественной трансляции сигнала, но и его машинного анализа; одновременно предлагались новые решения в сфере организации здравоохранения. Впервые в мире введено понятие «телеконсультативный центр» (произ-

водным от которого стал очень распространённый впоследствии термин «телеконсультация»). Предложена модель организации медицинской помощи, включавшая проведение ЭКГ и иных функциональных диагностических исследований, преобразование и дистанционную трансляцию данных, передачу данных в компьютер для автоматизированного анализа и расшифровки, а далее: «ответы — диагностические заключения по ЭКГ — передаются по телефону, телетайпу или по почте и выдаются с помощью датафонов, если центр обработки расположен в клинике» (Янушкевичус, 1966, с. 12). Эту идею «подхватил» академик Парин, сообщавший в 1968 г. о необходимости создания единой сети компьютерных центров для централизованного автоматического анализа ЭКГ (Парин, 1962). Позднее, во второй половине 1970-х гг. группа Янушкевичуса провела сравнительное изучение для оценки диагностической точности «системы управления ЭКГ» модели 5600С Hewlett-Packard (производства США):

Система производит регистрацию, передачу, интерпретирование и управление ЭКГ в 12 стандартных отведениях <...> ЭКГ регистрировали на телефонном терминале 1517А и передавали по местным телефонным линиям в центр. В центре (мини-компьютер...) производилась интерпретация ЭКГ и печатались машинные выводы <...> предусмотрен пульт врача-редактора, который имеет возможность изменить машинные выводы. Этим можно сформулировать окончательное ЭКГ заключение (Янушкевичус, 1977, с. 171).

Согласно данным авторов, весь процесс такой дистанционной медицинской услуги занимал 15–17 минут.

Основным достижением группы З.И. Янушкевичуса стала разработка комплексного подхода к проблеме транстелефонной электрокардиографии. Таким образом, осуществлялось параллельное научное развитие:

- 1) технологических аспектов качественной передачи и автоматизированного анализа биомедицинских данных с целью формирования проекта медицинского документа — описания результатов диагностического исследования;
- 2) методологических аспектов расширения возможностей метода за счёт иных методов функциональной диагностики (фонокардиографии на практике, баллистокардиограммы, сфигмограммы, флебограммы, электроэнцефалограммы — в теории);
- 3) организационных аспектов путём обоснования модели организации медицинской помощи.

Комплексные разработки группы Янушкевичуса стали основой для последующих исследований и практических проектов в сфере транстелефонной электрокардиографии в СССР.

В течение 1960–1970-х гг. целая плеяда выдающихся учёных: врачей и инженеров трудилась над проблематикой создания клинических медицинских приборов для дистанционной диагностики — транстелефонной электрокардиографии. Только по-настоящему мультидисциплинарные коллективы достигали здесь успехов. Как не вспомнить при этом академика В.В. Парина, утверждавшего в 1962 г., что все проблемы телеметрии биологической информации «не являются ни сугубо техническими, ни сугубо медицинскими. Их решение может быть обеспечено лишь в результате творческого содружества врачей и инженеров» (Сисакян, 1962, с. 104).

Такие содружества стихийно появлялись по всей стране. Институционализация их деятельности происходила по-разному. Впрочем, чаще всего эти группы иссле-

дователей формировались по географическому признаку: в данном крупном населённом пункте представители медицинских и технических вузов объединялись в научные группы, спаянные общими научными интересами. Иногда их деятельность завершалась чертежами и прототипами, иногда — серийным производством и массовым применением технических решений для телеЭКГ. С чем связана успешность той или иной группы разработчиков? Наверное, этот вопрос останется риторическим. Слишком велико количество факторов, влияющих на уровень достигнутого результата. В наши задачи не входит попытка выделить и упорядочить эти факторы для каждой отдельной научной группы. Нас интересует систематизация этапов, направлений, тенденций и закономерностей развития научных знаний в сфере транселефонной электрокардиографии, а также наступившие принципиальные изменения в социальной сфере (конфликт устоявшегося и инновационного в аспекте развития медицинских технологий).

Итак, в 1960—1970-х гг. в СССР несколько групп разработчиков (врачей и инженеров) трудились над проблематикой технологического и методологического обеспечения телеЭКГ.

Общая схема системы для транселефонной электрокардиографии включала (Золтан, 1980):

1. Набор устройств для отправки данных: стандартные датчики для фиксации электрокардиосигнала, усилитель, модулятор, громкоговоритель (физически располагаемый возле микрофона стандартного телефонного аппарата), собственно стандартный телефонный аппарат.
2. Набор устройств для получения данных: стандартный телефонный аппарат, усилитель с микрофоном (также физически располагаемый возле динамика стандартного телефонного аппарата), демодулятор, электрокардиограф с пишущим устройством для записи ЭКГ на бумажной, реже магнитной ленте (крайне редко сигнал оцифровывался и непосредственно передавался в ЭВМ).

Несмотря на относительную простоту приведённой схемы, её практическая реализация часто была проблемной, чаще всего — в силу сложности демодуляции, фактического «восстановления» данных, передаваемых по аналоговым телефонным линиям. То есть основные затруднения вызывало финальное получение данных должного диагностического качества.

В результате к началу 1980-х гг. сложилось три типа результатов деятельности указанных выше научно-исследовательских объединений инженеров и врачей:

- 1) разработки, оставшиеся «на бумаге», на уровне прототипов;
- 2) разработки, собираемые кустарным способом или в минимальных объёмах на локальных производственных мощностях (внедрены на уровне отдельных медицинских организаций, административно-территориальных единиц);
- 3) разработки, принятые в серийное промышленное производство (внедрены на общегосударственном уровне).

Технологические решения *первой группы* являются лишь свидетельством факта научного интереса к проблеме телеЭКГ (Кашин, 1972). Отсутствие хотя бы минимальной практической апробации свидетельствует, на наш взгляд, о технических недостатках конкретных разработок или об отсутствии системного подхода в работе соответствующих авторских коллективов.

Во *второй группе* наиболее значимой была разработка научной группы под руководством трёх специалистов — сотрудников Волгоградского медицинско-

го института, докторов медицинских наук и профессоров Анатолия Георгиевича Коневского, Константина Викторовича Гаврикова, Екатерины Васильевны Цыбулиной. Отметим, что, будучи врачом, К.В. Гавриков преуспел и как инженер — он изучил проблему конструирования радиотехнических средств медико-диагностического применения. Под его непосредственным руководством создана целая серия радиотехнических и электронных медико-физиологических устройств. В указанном коллективе именно он руководил технологической разработкой (также в группе работали несколько инженеров-электронщиков). Вклад А.Г. Коневского и Е.В. Цыбулиной состоит в разработке медицинской методологической составляющей. В конце 1960-х — начале 1970-х гг. этот коллектив разработал собственную систему транселефонной передачи физиологической информации и ЭКГ под наименованием «Ковыль» (аппараты ПТУМ 1, 2, 3), впоследствии одобренную коллегией Минздрава СССР. Научно-теоретическое обоснование системы было выполнено в конце 1960-х — начале 1970-х гг., а собственно телемедицинская сеть (охватившая более 30 районных, 10 городских больниц Волгограда и ряд медицинских частей на предприятиях) была развернута в Волгоградской области около 1975 г., первые результаты опубликованы в 1977 г. За 10 лет проведено порядка 150 тысяч дистанционных трансляций и консультаций по результатам ЭКГ. С методологической точки зрения были разработаны детальные показания к дистанционным консультациям, включавшие как экстренные клинические ситуации, так и плановые в формате массовых профилактических исследований. Была создана концепция четырёхэтапной централизации диагностической помощи при обслуживании больных с ишемической болезнью сердца — т. е. предложена оригинальная модель организации медицинской помощи на основе телемедицинских технологий. Многоканальная биотелеметрическая система «Ковыль» неоднократно представлялась на выставках, отмечена многочисленными наградами (Гавриков, 1977; Коневский, 1977; Цыбулина, 1977). Однако в массовое серийное производство направлена не была. Фактически её применение ограничилось территорией Волгоградской области (несмотря на очень качественную методологическую составляющую).

В третьей группе несомненно наиболее значимой стала разработка коллектива из г. Саратова под руководством врача, профессора Эммануила Шеваховича Халфена (заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней Саратовского медицинского института, позднее — директор Саратовского филиала Ленинградского НИИ кардиологии) и инженера, выдающегося руководителя Олега Михайловича Радюка (директора «НПП «Алмаз»). В 1968 г. группа врачей и инженеров создала аппарат для дистанционной трансляции по телефону или радиоканалу результатов электрокардиографии. Этот аппарат, получивший название «Волна», стал по-своему легендарным для нескольких поколений врачей-кардиологов и специалистов функциональной диагностики. Прочитруем авторское описание функционирования системы:

<...> прибор — электрокардиопреобразователь, принимая слабые биосигналы сердца, усиливает их и преобразует в сигналы, которые легко передаются по телефону или по радио на пульт дежурного специалиста-кардиолога в консультационно-диагностический центр. Этот пульт связан с электронно-вычислительной машиной, которая мгновенно обрабатывает кардиограмму, а автоматическая пишущая машинка... печатает диагноз-заключение <...> Все пульта центра имеют прямую связь с руководителем клиники по пульту-селектору,

а в кабинете профессора установлен монитор, на который при необходимости транслируется любая информация с пульта (Халфен, 1974, с. 24).

Исходно было сконструировано несколько типов передатчиков:

<...> позволяющих передавать ЭКГ-сигнал от постели больного непосредственно в консультативно-кардиологический центр: приставка к обычному электрокардиографу для передачи ЭКГ по телефонному каналу связи; электрокардиообразователь — передача ЭКГ больного в центр по телефону осуществляется без электрокардиографа; передатчик, рассчитанный для передачи ЭКГ по радио и связь с центром при отсутствии телефона (Иванов, 1975, с. 159).

В 1974 г. начался серийный выпуск аппаратуры «Волна». Этот комплекс включал: электрокардиопередатчик/образователь (ЭКП; именно он в конце концов стал основным типом передатчика (Иванов, 1975)), консультативно-диагностический пульт (КДП) и линию связи (телефонной или радио). Портативный ЭКП состоял из преобразователя, блока питания и акустической приставки. Ранние модели имели габариты 11 × 12 × 4 см при массе 1 кг, в дальнейшем — 3 × 8 × 14 см при массе 400 г. Трансляция 12-канальной ЭКГ посредством ЭКП занимала 3–4 минуты. Функциональным предназначением КДП был приём ЭКГ по телефону и радио, «чернильнопишущая запись на бумажную ленту», дистанционное консультирование, передача заключения по ЭКГ и рекомендаций медицинскому работнику, непосредственно находящемуся возле пациента. Более поздние модели КДП (модель «Волна-3») имели технические возможности выделения полезного сигнала на фоне помех и самоконтроля правильности функционирования. Стандартным средством передачи данных был обычный телефонный аппарат, к микрофону которого подносился громкоговоритель ЭКП. В бригадах скорой медицинской помощи использовались радиостанции «Кактус» и «Гранит». Быстро выяснилось, что их мощности не хватает для качественной передачи ЭКГ. Поэтому были разработаны специальные ретрансляторы. В целом техническое совершенствование «Волны» продолжалось постоянно. К 1980 г. начато тестирование цифрового метода передачи данных. Также создана упрощённая версия оборудования для телеЭКГ — трёхканальная система «Ягуар», позволявшая в том числе непосредственную дистанционную передачу ЭКГ в ЭВМ (Халфен, 1985). В последние годы работы над системой «Волна» группа Халфена — Радюка сосредоточилась на автоматизированном компьютерном анализе результатов ЭКГ и иных функциональных исследований сердечно-сосудистой системы (Халфен, 1977; Халфен, 1980b). В конце 1970-х гг. была внедрена внутрибольничная система автоматизированного радиотелеметрического наблюдения за больными, перенёвшими инфаркт миокарда, под непосредственным руководством профессора Б.М. Тёмкина (Тёмкин, 1980). Однако в контексте дистанционного оказания медицинской помощи при взаимодействии медицинских организаций на основе телемедицинских технологий автоматизированный анализ ЭКГ не получил широкого внедрения. Вероятно, в силу низкой экономической и технической доступности компьютерной техники для медицинских организаций в тот период.

Но вернёмся к вопросам практического использования. Первая телемедицинская сеть на основе «Волны» появилась в г. Саратове в 1971–1972 гг. На базе кафедры

пропедевтики внутренних болезней Саратовского государственного медицинского института был организован первый в СССР (и во всей Европе) дистанционный консультативно-диагностический центр. За несколько месяцев к нему подключились 20 городских медицинских организаций, 35 сельских больниц Саратовской области, а также выездные бригады скорой медицинской помощи (СМП). Технически сеть состояла из 135 ЭКП (причём 10 ЭКП предназначались для амбулаторных пациентов), 6 КДП (штатно работали 5 пультов, ещё один подключался при проведении массовых профилактических осмотров), одно-, а позднее многоканальной линии телефонной связи.

В период 1972–1979 гг. в сети состоялось 247 848 телеЭКГ-консультаций; из них 78,4% (194 360) — для клинической диагностики, 21,6% (53 488) — в рамках массовых профилактических осмотров, диспансеризации населения (Халфен, 1980а). С началом серийного производства в 1974 г. сети на основе «Волны» стали разворачивать по всей стране. К 1978 г. они были в 74 городах СССР, а к 1980 г. — в 100. В частности, телемедицинские сети именно на основе «Волны» были созданы в Московской области (1974), Барнауле (1982), Виннице (1982), Донецке (1979), Новосибирске (1976), Оренбурге (1979), Полтаве (1985) и т. д. «Волну» успешно демонстрировали на многочисленных выставках, опыт её применения широко освещали как в научной печати, так и в средствах массовой информации (и в СССР, и за рубежом). Коллектив разработчиков отмечен многочисленными наградами.

Ключевые научно-технологические достижения группы Халфена — Радюка состояли в следующем:

1. Впервые было реализовано массовое, экономически и технически доступное решение по телеметрии клинически полноценной 12-канальной ЭКГ в реальном режиме времени. Данное решение использовало любые доступные каналы связи, с одинаковой эффективностью применялось как в медицинских организациях, так и бригадами скорой медицинской помощи.
2. Решение было, в современной терминологии, вендор-нейтральным. То есть консультативно-диагностический пульт «Волны» поддерживал приём данных не только от оригинального ЭКП, но и от электрокардиографов иных моделей и производителей (в первую очередь от прибора «Салют», о котором будет сказано выше). Такое развитие стандартизации очень значительно повлияло на масштабы развития сетей телеЭКГ.

Справедливости ради, нужно отметить следующее. От нескольких врачей-современников системы «Волна» приходилось слышать нарекания на её диагностическое качество, о частых искажениях при передаче данных. С одной стороны, для такой проблематики есть объективная основа — система была аналоговой, качество телефонной связи в изучаемый период часто оставляло желать лучшего. С другой стороны, такие замечания носят личностный, единичный характер; статистических данных или научных исследований о техническом качестве «Волны» не существует. По свидетельству авторов системы, «опыт работы показал, что качество передаваемых электрокардиограмм хорошее, запись ЭКГ на пультах сравнима по качеству с непосредственной записью ЭКГ у больного обычным электрокардиографом» (Иванов, 1975, с. 160).

Ключевые научно-методологические достижения группы Халфена — Радюка:

1. Внедрение телеЭКГ осуществлено комплексно на догоспитальном (скорая медицинская помощь) этапе, в первичном звене здравоохранения (амбулаторно-поликлиническая помощь) и в условиях стационаров.

2. Впервые в мире системно реализовано дистанционное наблюдение за состоянием здоровья пациента, находящегося в домашних условиях (так называемая аутотрансляция ЭКГ в 1-м отведении). ЭКП выдавали пациентам, выписанным из стационара. В домашних условиях при ухудшении самочувствия пациент созванивался с кардиологическим дистанционным центром и отправлял дежурному врачу свою ЭКГ. Это позволяло врачу объективно понять ситуацию и назначить нужные мероприятия (Халфен, 1980а). Спустя 20–25 лет эта методика, под названием «домашняя (персональная) телемедицина», распространится по всему миру; очень широко (особенно для наблюдений за пациентами, перенёсшими кардиохирургические вмешательства) она используется и сейчас. В 1990-е гг. методология аутотрансляции ЭКГ была усовершенствована и изучена с точки зрения клинической эффективности учеником Халфена, директором Саратовского НИИ кардиологии профессором П.Я. Довгалеvским.

Комплекс технологических и методологических научных достижений группы Халфена — Радюка позволил создать новую модель организации медицинской помощи: кардиологический центр с дистанционным и автоматическим наблюдением за больными. Подробно данная концепция описана в монографии Э.Ш. Халфена (Халфен, 1980а), в том числе она включала общие методические принципы работы дистанционных диагностических центров, модель, организационные и кадровые детали территориальной сети телеЭКГ, необходимую документацию и т. д.

Помимо аппаратуры «Волна» среди разработок третьей группы следует отметить следующие серийно выпускавшиеся технологические решения для телеЭКГ:

1. Одноканальный электрокардиограф ЭКГ-Н-«Салют» (разработан около 1970 г. КБ «Салют» г. Москвы, серийный выпуск — Ижевский мотозавод, ныне — ОАО «Концерн «Аксион»). Это устройство считается одним из лучших электрокардиографов своего времени. На его основе формировались телемедицинские сети по всей территории СССР, в том числе: Московская область (1974 г., сеть на базе МОНИКИ), Горький (1980 г., развёрнута сеть с автоматизированным анализом данных для скрининга и диспансеризации лиц с сердечно-сосудистой патологией (Камышева, 1979), Киев (1981 г., сеть на базе Городской станции скорой медицинской помощи), Саранск (1979 г., сеть на базе медицинского факультета Мордовского государственного университета). Примечательно, что данный прибор входил в оснащение орбитальной космической станции «Салют», а также принимал участие в путешествии Юрия Сенкевича и Тура Хейердала и в полярной экспедиции «Комсомольской правды» на Северный полюс. Впрочем, во время указанных событий дистанционных трансляций ЭКГ не было, эти факты лишь подчёркивают качество и надёжность прибора.
2. Одноканальный электрокардиограф ВНИИ «Электронстандарт». На его основе формировались телемедицинские сети в Крыму в 1973–1974 гг. (Бородулина, 1974), Екатеринбурге в 1978 г. (Габинский, 1980).

Ключевым положительным отличием «Волны» была её принципиально более высокая клиническая значимость (12-канальная ЭКГ) и универсальность применения.

Эволюция телемедицинских технологий представляет собой процесс параллельного развития техники (аппаратных, программных, телекоммуникационных

решений) и медицинской науки (методологий использования указанной техники, моделей организации медицинской помощи). Причём успешность такой эволюции связана именно с синергичным развитием перечисленных компонентов. Опережающее развитие техники приводит к сопротивлению со стороны медицинского сообщества и не востребоваемости технологий (яркий пример из современности — опережающие разработки телемедицинских платформ для консультаций «пациент — врач»). А опережающее развитие медицинской науки скорее создаёт новые потребности, указывает на направления развития технической мысли (пример: теоретически сформированная потребность в контроле физиологических параметров свободно перемещающегося объекта на расстоянии — 20–30-е гг. XX в.; технологическое решение этой задачи (динамическая биорадиотелеметрия) — 50–60-е гг. XX в.).

Синергия развития техники и медицинской науки определённо наблюдается в работе группы Халфена — Радюка, что и сделало её деятельность столь значительной. Вместе с тем крайне важно зафиксировать вклад в развитие медицинских аспектов телеЭКГ со стороны группы д. м. н., профессора Льва Вениаминовича Чирейкина (1931–2002). Комплекс научных исследований, проведённых этим объединением, обеспечил целостное формирование методологии не просто дистанционной передачи электрокардиосигнала, но клинической субдисциплины — телекардиологии, т. е. системы организации и оказания медицинской помощи пациентам с заболеваниями органов кровообращения с применением телемедицинских технологий.

Работа группы Чирейкина велась в Ленинградском НИИ кардиологии (ныне — ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова») в конце 70–80-х гг. XX в. Безусловно, необходимо чётко обозначить, что указанная группа фактически представляла собой выдающуюся плеяду врачей, учёных, организаторов здравоохранения (В.А. Алмазов, А.И. Кобленц-Мишке, Ю.В. Шубик и многие другие). Особенностью деятельности группы было акцентирование именно на научное развитие методологической составляющей телеЭКГ, а не технических аспектов.

Итак, в 1978 г. в НИИ, Областном кардиологическом диспансере и на Ленинградской станции скорой медицинской помощи были открыты дистанционные диагностические центры, развёрнута телемедицинская сеть, охватившая 17 центральных районных и 4 городских больницы (Кирилюк, 1984). В период 1980–1985 гг. в рамках сети состоялось более 20 000 телеЭКГ-консультаций, порядка 6 400 скрининговых телеЭКГ-исследований (средняя ежедневная нагрузка составила 20 телеконсультаций). Впервые было организовано обучение медицинских работников применению телемедицинских технологий. С научной точки зрения группой Чирейкина проанализирована обращаемость за телеЭКГ-консультациями, оценена выявляемость сердечно-сосудистых заболеваний при проведении массовых профилактических осмотров с применением транстелефонной электрокардиографии, оценена диагностическая точность дистанционной ЭКГ-диагностики, а также изучена клиническая значимость телеконсультаций, т. е. их влияние на коррекцию диагноза, назначение лечения, принятие решений о логистике пациента. С методической точки зрения было определено два направления работы дистанционных диагностических центров: дистанционный анализ ЭКГ; дистанционные клинические консультации. Теперь дистанционная интерпретация ЭКГ стала рассматриваться всего лишь как элемент полноценной кардиологической телемедицинской

консультации. Последняя подразумевает полноценный обмен всей информацией о состоянии пациента для определения не только диагноза, но и тактики лечения и ведения пациента. Были сформулированы соответствующие требования к клиническим кардиологическим телеконсультациям, которые вполне актуальны и по сей день. Группа Чирейкина разработала общую методологию телемедицинского консультирования в кардиологии, в том числе: требования к качеству и объёмам медицинской информации, аспекты интерактивности, протоколирование, ресурсы для доказательного принятия решений, нормативно-правовые вопросы (впервые в юридической практике СССР было предложено решение по регулированию ответственности медицинских работников при оказании медицинской помощи с применением телемедицинских технологий) (Алмазов, 1985; Чирейкин, 1995).

Группой Чирейкина был опубликован ряд научных работ, однако с точки зрения внедрения в практику очень важно отметить специальные методические рекомендации о создании и об организации работы кардиологических дистанционно-диагностических центров¹, изданные по линии Минздрава СССР в 1986 г. Для своего времени это был исчерпывающий документ, содержащий общие положения о ДДЦ, нагрузке и режиме работы, организационно-штатной структуре, задачах и особенностях работы в зависимости от вида консультируемых медицинских организаций, порядке развертывания, особенностях деятельности и оснащения, исходя из направления деятельности (расшифровка ЭКГ или полноценные телеконсультации), и т. д. Специальные разделы методических рекомендаций посвящены многофункциональным ДДЦ и созданию телекардиологической сети. Возможно, впервые сформулированы требования к обеспечению информационной безопасности и борьбе с искажениями и потерями данных в процессе телемедицинского консультирования, предложены критерии оценки эффективности дистанционного взаимодействия. Фактически данные методические рекомендации стали способом внедрения в практику результатов многолетних научных исследований как группы Чирейкина, так и группы Халфена — Радюка.

Таким образом, на основе практической деятельности и научных исследований научной группой Чирейкина был разработан «полный цикл» внедрения телемедицинских технологий в кардиологии, включая обучение, развёртывание в соответствии с потребностями, производственные процессы, контроль качества.

Научно-техническое развитие автоматизированного анализа данных — «вычислительной диагностики»

С точки зрения развития технологической составляющей необходимо выделить ещё один компонент. В изучаемый период времени ряд научных объединений занимался проблематикой автоматизированного анализа результатов ЭКГ. Фактически дистанционная трансляция электрокардиосигнала с последующей его компьютерной обработкой и расшифровкой разрабатывалась, в той или иной мере,

¹ Организация работы кардиологических дистанционно-диагностических центров. Метод. рекомендации. Ленинградское НИИ кардиологии. Разработчики: Алмазов В.А., Чирейкин Л.В., Чавпецов В.Ф., Фетисова Э.М., Тожиев М.С., Кобленц-Мишке А.И. Л.: Тяжпромэлектронпроект, 1986. 31 с.

всеми научными группами по тематике телеЭКГ (Т.С. Виноградова, Ю.Р. Кремер, И.Б. Эллинский, Э.Ш. Халфен, Л.В. Чирейкин, Д.Я. Шурыгин, З.И. Янушкевичюс и многие другие). Некоторые группы в большей степени заявляли о принципиальной необходимости и концепциях автоматизированного анализа, другие — создавали конкретные аппаратно-программные комплексы.

Наиболее значимыми были две разработки:

Советско-венгерская разработка: «САС-1» — автоматизированная многоканальная система для передачи и анализа ЭКГ на базе малой ЭВМ ЕС 1010, появившаяся в начале 1980-х гг. Разработчики: Институт проблем передачи информации (СССР), НИИ связи (Венгрия). Есть сведения об апробации данной системы на 400 пациентах и применении в 16 больницах в Венгрии (Золтан, 1981; Чаподи, 1981), однако информация о серийном производстве и внедрении в СССР не выявлена.

Научно-методическая работа коллектива под руководством врача, профессора Александры Петровны Матусовой (1919–2010) и инженера, профессора Юрия Исааковича Неймарка (1920–2011). Эта группа, в составе минимум 25 специалистов, работала в 1960–1970-х гг. в г. Горьком (Матусова, 1979). Был разработан оригинальный математический аппарат: алгоритмы распознавания и анализа медицинских данных, способы математического прогнозирования исходов, методика автоматизированного доврачебного скрининга, полные системы машинных признаков медицинских кривых (ЭКГ и т. д.). Научная систематизация результатов многолетних исследований объединена в монографии «Распознавание образов и медицинская диагностика» (Неймарк, 1972). Практическое внедрение проводилось в основном в сети телеЭКГ Горьковской области (ДДЦ был развёрнут в середине 1970-х гг. на базе кафедры внутренних болезней Горьковского государственного медицинского института и городской больницы № 38). За 10 лет в этой сети проведено порядка 31 000 телеконсультаций, внедрено несколько оригинальных методологических решений, активно применялась автоматизация (Боровков, 1989). Научные результаты внедрялись в практику посредством издания методических рекомендаций².

Также необходимо отметить монографию «Автоматический анализ электрокардиограмм». В ней коллектив авторов под руководством профессора Л.В. Чирейкина систематизировал накопленные к тому времени научные знания, детально изложил собственный опыт, а также поднял целый ряд дискуссионных вопросов, обусловивших научный поиск в последующие годы (Чирейкин, 1977).

Несмотря на значительные теоретические научные результаты, практическое внедрение автоматизированного анализа в деятельность сетей транселефонной электрокардиографии не происходило. Отчасти это было связано с относительно низкой компьютеризацией медицинских организаций СССР, ограниченным использованием имеющегося парка персональных компьютеров. Вместе с тем разработки в сфере математики и машинного анализа вовсе не «канули в Лету». В течение 1980–1990-х гг. соответствующие алгоритмы были встроены в аппаратную базу, фактически все электрокардиографы получили функцию автоматизированной расшифровки снимаемых ЭКГ. Эта функция остается стандартной по сей день.

² Организация работы центра (кабинета) дистанционных электрокардиографических и кардиологических консультаций для поликлиник: Методические рекомендации. Разработчики: Матусова А.П., Бубель М.С., Великовская Л.М. и др. Горький, 1986. 20 с.

Таким образом, в СССР врачебный дистанционный анализ результатов ЭКГ стал основной методологией, масштабированной в формате телемедицинских сетей общегосударственного уровня; автоматизированный анализ трансформировался во встроенную функцию медицинской техники — электрокардиографов.

Изменения в социальной сфере

Масштабное научное развитие технологий транстелефонной электрокардиографии и связанных с ней клинических методологий (в том числе, научно-практические результаты деятельности групп Халфена — Радюка и Чирейкина, иных коллективов) обусловили системные изменения в социальной сфере. В здравоохранении СССР в части организации и оказания кардиологической помощи произошёл определённый конфликт исторических традиций с инновационными преобразованиями, основанными на дистанционном телемедицинском взаимодействии. Сложившийся столетиями принцип очного осмотра и обследования пациента врачом вошёл в противоречие с новыми, но уже научно обоснованными способами дистанционной диагностики, не требовавшими личного контакта. Именно телемедицинское взаимодействие открывало принципиально новые возможности для повышения доступности медицинской помощи, небывалой ранее скорости постановки диагноза в жизнеугрожающих ситуациях. Синергия процессов конструирования новых технологических решений и их научного клинического изучения создали доказательную базу, обеспечившую победу инновационных преобразований в этом конфликте.

На общегосударственном уровне был проведён эксперимент по оценке применимости телеЭКГ (приказ Министерства здравоохранения СССР от 24.05.1977 № 495 «О проведении эксперимента по эксплуатации систем дистанционной передачи ЭКГ»³). Его результаты, вкупе с разработками групп Халфена — Радюка, Чирейкина, Матусовой — Неймарка, легли в основу ряда нормативно-правовых документов.

Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 22 сентября 1977 г. № 870 «О мерах по дальнейшему улучшению народного здравоохранения» (продублированы приказом Министерства здравоохранения от 31.10.1977 № 972 с аналогичным названием) предписывали включить серийный выпуск оборудования для транстелефонной электрокардиографии в план мероприятий по развитию мощностей по производству медицинской продукции и улучшению материально-технического обеспечения учреждений здравоохранения; было определено задание по производству и поставке соответствующей техники.

Позднее, в 1982 г. приказ Министерства здравоохранения СССР от 26.02.1982 № 185 «О мерах по дальнейшему улучшению медицинской помощи сельскому населению» предписывал «завершить в XI пятилетке организацию во всех союзных и автономных республиках, краях и областях дистанционной передачи электрокардиограмм по систе-

³ Методические рекомендации о проведении эксперимента по эксплуатации систем дистанционной передачи ЭКГ / М-во здравоохранения СССР. М.: МЗ СССР, 1979. 15 с. Проведение эксперимента по эксплуатации систем дистанционной передачи электрокардиограмм: Метод. рекомендации / ВКНЦ АМН СССР. Под ред. Е.И. Чазова. М., 1979. 12 с.

ме «Волна» из лечебно-профилактических учреждений сельских районов в центры дистанционной диагностики областных, краевых и республиканских больниц». В свою очередь, постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 19 августа 1982 г. № 773 «О дополнительных мерах по улучшению охраны здоровья населения» установило необходимость «осуществить в 1983–1987 годах в республиканских, краевых и областных больницах организацию дистанционно-диагностических кабинетов (центров) для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, оснастить их соответствующей аппаратурой». Эти документы обусловили появление приказа Минздрава СССР от 20.01.1982 № 72 «Об организации дистанционно-диагностических кабинетов (центров)» с положением о таком подразделении и специальными формами медицинской документации. Согласно этим нормативным документам, началась организация в республиканских, краевых и областных больницах дистанционно-диагностических кабинетов (центров) и оснащение их соответствующей аппаратурой для повышения качества диагностики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Дополнительным приказом (от 24.09.1982 № 950 «О дополнительных мерах по улучшению охраны здоровья населения») Минздрав СССР предписывал в течение 1983–1985 гг. организовать и оснастить аппаратурой для телеЭКГ в республиканских, краевых и областных больницах дистанционно-диагностические кабинеты (центры) с круглосуточной работой для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний; в задачи центров входило обслуживание населения всех соответствующих районов. Приказ содержал детальное план-задание для каждой республики. Важно отметить, что указанные приказы Минздрава СССР содержат исчерпывающую регулирующую информацию о применении дистанционной диагностики — виды и функции необходимых структурных подразделений, штатные нормативы, формы учётной документации, вопросы обучения врачей-кардиологов работе с телеметрическим оборудованием и т. д. Технологическое развитие, обеспечение поставок и обслуживания оборудования вменялось Всесоюзному объединению «Союзмедтехника». Всесоюзному кардиологическому научному центру АМН СССР (под руководством Евгения Ивановича Чазова) предписывалось реализовать «научно-организационное и методическое руководство работой дистанционно-диагностических кабинетов (центров), предусмотрев в планах научных работ разработку вопросов оптимизации их деятельности, а также изучение и внедрение передовых методов и средств дистанционных консультаций в целом по стране».

В 1985 г. в СССР насчитывалось 180 дистанционных диагностических центров, осуществлявших телеЭКГ-консультирование, в 1987 г. — 185, а к 1991 г. — 354. Массово использовались малогабаритные приборы съёмки-передачи ЭКГ по телефонным линиям и приёмные станции, уже к тому времени базирующиеся на персональных компьютерах (Алмазов, 1985; Сысоева, 1998).

Методически телеЭКГ применялась по трём направлениям: клиническое — оказание экстренной и неотложной медицинской помощи, поддержка принятия решений в сложных плановых случаях; профилактическое — обеспечение массовых профилактических осмотров и диспансеризации населения; амбулаторное — дистанционный мониторинг пациентов, находящихся на лечении в домашних условиях.

ТелеЭКГ-сеть государственного масштаба обусловила определённые социальные изменения за счёт совершенствования системы медицинской помощи. Безусловно, степень выраженности и характер положительных изменений отличались как в разных административно-территориальных единицах, так и в зависимо-

сти от формы и условий оказания медицинской помощи. Детальный разбор указанных факторов выходит за рамки данного исследования, однако в подкрепление своих слов приводим следующие примеры.

ТелеЭКГ положительно повлияла на продолжительность и качество жизни граждан, которым была оказана скорая медицинская помощь по причине заболеваний сердечно-сосудистой системы. Это можно проиллюстрировать такой цитатой, описывающей использование соответствующей технологии в Свердловской области в 1970–1980-е гг: «в среднем время госпитализации <...>. сократилось на 1,5–2 ч., что существенно снизило количество осложнений и неблагоприятных исходов <...> Число больных, получающих квалифицированную кардиологическую помощь на догоспитальном этапе, увеличивалось ежедневно в среднем в 2,5 раза» (Фиалко, 2011, с. 61).

Технологии и методологии телеЭКГ трансформировали коммуникации между медицинскими организациями разного уровня (районными и областными больницами), положительно влияя на качество медицинской помощи. По данным Ленинградской области, телеметрия ЭКГ с последующим дистанционным консультированием приводили к коррекции и даже полному изменению диагноза в 35,5% случаев, а в 12,0% ситуаций — полностью меняли характер терапии (Чирейкин, 1995). Очевидно, что такие изменения не просто улучшали исходы, но зачастую обеспечивали выживание пациента за счёт вовремя назначенного, правильного лечения.

Благодаря «аутотрансляциям» ЭКГ в Саратовской области сроки временной утраты трудоспособности лиц, перенесших острые заболевания (инфаркт, нарушения ритма), сократились в среднем на 40 дней; почти на 50,0% уменьшилось количество повторных инфарктов, на треть снизилась летальность (Довгалецкий, 1994).

Многолетнее научно-техническое развитие транстелефонной электрокардиографии привело к появлению модели организации кардиологической помощи на основе телемедицинских технологий. Модель была масштабирована на всю страну, она стала неотъемлемой частью системы здравоохранения СССР до 1991 г., а также — причиной положительных социальных преобразований. Эволюция данной отрасли научных знаний в СССР связана с деятельностью нескольких научных групп, объединявших представителей медицинских и инженерных дисциплин.

Литература

Алмазов В.А., Чирейкин Л.В. Трудности и ошибки диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы. Л.: Медицина, 1985. 176 с.

Бабский Е.Б., Парин В.В. Физиология, медицина и технический прогресс. М.: Наука, 1965. 138 с.

Боровков Н.Н., Бубель М.С., Иванченко Е.Ю., Кравец К.Ф., Утробина С.А., Иванова И.М. Основные принципы работы автоматизированного дистанционного кардиологического центра для амбулаторных консультаций // Автоматизация кардиологических исследований в клинической практике: Сб. науч. тр. Горький, 1989. С. 26–33.

Бородулина З.Б., Биргер Г.Д. Использование телефонных линий связи для передачи ЭКГ в здравницах Ялтытерсовета // Автоматизация сбора и обработки медицинской информации и применение биотелеметрии в практике курортов. Матер. II Укр. респ. симп. Киев, 1974. С. 103–104.

Владимирский А.В. История телемедицины: стоя на плечах гигантов (1850–1979). М.: Де’Либри, 2019. 410 с.

Габинский В.Л., Филалко В.А., Зильберман Ф.А. Дистанционно-консультативный центр и его роль в улучшении кардиологической помощи населению // Советская медицина. 1980. № 6. С. 91–93.

Гавриков К.В., Коневский А.Г., Цыбулина Е.В. Этапы развития централизованной диагностической помощи при обслуживании больных с ишемической болезнью сердца // Вопросы экспериментальной клинической кардиологии: Сб. науч. тр. Волгоград, 1977. С. 61–64.

Гаспарян С.А., Пашкина Е.С. Страницы истории информатизации здравоохранения России. М., 2002. 304 с.

Золтан К. Электроника в медицине / Пер. с венг.; под ред. М.К. Размахнина. М.: Советское радио, 1980. 144 с.

Иванов Н.Р., Халфен Э.Ш., Радюк О.М., Батулин Б.А. Разветвленная система передачи ЭКГ по каналам связи // Состояние и перспективы развития медицинской техники. Тез. докл. I съезда ВНМТО (Москва, 19–21 ноября 1975 г.). Ч. 1. С. 159–160.

Камышева Е.П., Денисов В.И., Волошина Н.Ю., Суворов А.В. и др. Автоматизированные системы диагностики, лечения, диспансеризации и профилактики ранних форм ишемической болезни сердца и сахарного диабета // Вычислительная диагностика и телеметрическая обработка медицинской информации. Тезисы II всерос. науч.-практ. конф. по мед. кибернетике. Горький, 1979. С. 34–35.

Кашин В.Л., Пчелинцева Г.А., Мкртчян В.А. Устройство регистрации ЭКГ по телефонному каналу // Биологическая и медицинская электроника. Матер. IV Всесоюз. конф. Ч. 1. Свердловск, 1972. С. 78–79.

Кирилюк И.Г., Кобленц-Мишке А.И., Чапнецов В.Ф. Опыт работы дистанционного консультативного центра Ленинградской станции скорой медицинской помощи // Здравоохранение Российской Федерации. 1984. № 8. С. 38–40.

Коневский А.Г., Гавриков К.В., Цыбулина Е.В. Телеметрическое электрокардиографическое обследование // Вопросы экспериментальной клинической кардиологии: Сб. науч. тр. Волгоград, 1977. С. 58–60.

Леванов В.М., Орлов О.И., Мерекин Д.В. Исторические периоды развития телемедицины в России // Врач и информационные технологии. 2013. № 4. С. 67–73.

Матусова А.П., Неймарк Ю.И., Баталова З.С., Брейдо М.Д., Бубель М.С. и др. Об автоматизации исследований больных инфарктом миокарда // Вычислительная диагностика и телеметрическая обработка медицинской информации. Тезисы II Всерос. науч.-практ. конф. по мед. кибернетике. Горький, 1979. С. 47–48.

Неймарк Ю.И., Баталова З.С. Распознавание образов и медицинская диагностика. М.: Наука, 1972. 328 с.

Осокина А.К., Щинова А.М., Потехина А.В., Филатова А.Ю., Ноева Е.А., Барабанова Е.А., Проваторов С.И. Телемедицина: история и перспективы развития // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. 2019. № 2. С. 111–120.

Парин В.В., Баевский Р.М. Медицина и техника. М.: Знание, 1968. 81 с.

Рыбак О.К., Шамьюнов М.Р., Шигин Ю.Н., Довгалецкий Я.П., Свистунов А.А. Аутотрансляция ЭКГ как метод раннего выявления неотложных состояний у больных ишемической болезнью сердца // Кардиология. 1994. Т. 34. № 10. С. 57–59.

Сисакян Н.М. Проблемы космической биологии. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. Т. 1. С. 413.

Сысоева Н.А., Корсунский С.Б., Ашмарин И.Ю. и др. Служба дистанционной неотложной круглосуточной консультативной кардиологической помощи // Кардиология. 1998. № 4. С. 83–85.

Тёмкин Б.М. Применения компьютера для автоматической обработки телеэлектрокардиограмм больных инфарктом миокарда в процессе реабилитации // Автоматизация диагно-

стики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний / Труды под ред. Э.Ш. Халфена. Саратов, 1980. Т. GIV (121). С. 51–56.

Уфимцева М.А., Николаева К.И., Жунисова Д.С., Бочкарев Ю.М., Шубина А.С. История развития телемедицины. современные информационнокоммуникационные технологии в медицине // Фарматека. 2021. Т. 28. № 1. С. 34–38.

Фиалко В.А. Тактическая медицина. 50-летний опыт изучения и практического решения проблем urgentной медицины догоспитального этапа (1957–2007 гг.). Екатеринбург: Изд-во «ИРА УТК», 2011. 318 с.

Халфен Э.Ш. Автоматизация диагностики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний // Труды Ленинградского НИИ кардиологии, Саратовский филиал / Ред. Э.Ш. Халфен. Саратов, 1980. 114 с.

Халфен Э.Ш. Дистанционный консультационно-диагностический кардиологический центр с телеметрической системой для электрокардиографии // Кардиология. 1974. 14 (10). С. 24–30.

Халфен Э.Ш. Кардиологический дистанционно-контролирующий консультативный диагностический центр // Кардиология. 1985. Т. 25. № 7. С. 5.

Халфен Э.Ш. Кардиологический центр с дистанционным и автоматическим наблюдением за больными: монография. М.: Медицина, 1980. 191 с.

Халфен Э.Ш. Основные направления использования математики и вычислительной техники в кардиологии // Кардиология. 1977. Т. 17. № 4 С. 9–25.

Цыбулина Е.В., Гавриков К.В., Коневский А.Г. Контингенты больных, подлежащие дистанционному электрокардиографическому обследованию // Вопросы экспериментальной клинической кардиологии: Сб. науч. тр. Волгоград, 1977. С. 65–67.

Чаподи Ч. Цифровая передача и хранение электрокардиосигналов с применением сжатых данных // Теория и практика автоматизации электрокардиологических и клинических исследований. Каунас: КМИ. 1981. С. 66–76.

Чирейкин Л.В., Шурыгин Д.Я., Лабутин В.К. Автоматический анализ электрокардиограмм. М.: Медицина, 1977. 248 с.

Чирейкин Л.В., Довгалецкий П.Я. Дистанционные диагностические кардиологические центры. СПб.: [б. и.], 1995. 232 с.

Шепель Р.Н., Кутчер А.В., Ваховская Т.В., Дранкина О.М. История развития телемедицины в Российской Федерации // Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски. 2019. Т. 3. № 2. С. 765–771.

Янушкевичус З.И., Блужас И.Н., Чепайтис Ж.В. и др. Результаты сопоставления электрокардиографических заключений экспертов и «Системы управления ЭКГ» модели 5600С // Теория и практика автоматизации электрокардиологических и клинических исследований. Тезисы Всесоюзного совещания. Каунас, 1977. С. 171.

Янушкевичус З., Витенштейнас Г., Валужис К. Телепередача фонокардиограмм // Экспериментальная хирургия и анестезиология. 1966. № 4. С. 11–12.

Янушкевичус З.И. Математические методы и вычислительная техника в теории и практике электрокардиологии // Теория и практика автоматизации в кардиологии. Вильнюс, 1980. С. 3–11.

Янушкевичус З.И. О передаче ЭКГ по телефонному каналу связи // Клиническая медицина. 1965. № 43 (9). С. 143–144.

Янушкевичус З.И., Стасиунас А.С. Передача физиологической информации по телефону // Cor et Vasa. 1963. № 5. С. 152–155.

Barold S. Willem Einthoven and the Birth of Clinical Electrocardiography a Hundred Years Ago // Cardiac Electrophysiology Review. 2003. Vol. 7. N 1. P. 99–104.

Einthoven W. Le telecardiogramme // Archives Internationales Physiologie. 1906. Vol. IV. P. 132–164.

Hjelm N.M., Julius H.W. Centenary of tele-electrocardiography and telephonocardiography // Journal Telemedicine and Telecare. 2005. Vol. 7. N 11. P. 336–338.

Matthewson F.S.L., Jackh H. The telecardiogram // American Heart Journal. 1955. N 49. P. 72.
Strehle E.M., Shabde N. One hundred years of telemedicine: does this new technology have a place in paediatrics? // Archives of Disease in Childhood. 2006. N 91. P. 956–959.

The History of Scientific and Technological Development of Transtelephonic Electrocardiography in the USSR (1960–1991)

ANTON V. VLADZYMYRSKY

Research and Practice Clinical Centre for Diagnostics and Telemedicine Technologies under
Moscow Health Department

In the early 20th century, the evolution of electrophysiology research demanded the creation of technologies for distant transmission of electrical cardiac signals via telephone lines as a tool for large-scale experiments. In the mid-20th century, there was practical health care request for the development of scientific knowledge underpinning the method of tele-ECG. So far, these events and processes have been unexplored from the standpoint of the history of science and technology. It has been established that the process of scientific development of transtelephonic electrocardiography was characterised by the synergy of the evolution of engineering, technological, and methodological aspects. The formation and advancement of this field of knowledge is associated with the activities of several associations of scientists that brought together the representatives of medical and engineering disciplines. Scientific and technological development of transtelephonic electrocardiography over many years resulted in the emergence of a system of scientific knowledge about data transmission technologies and about organisational and clinical methods for their practical application. It formed the basis for nationwide implementation of a science-based model for remote cardiac care. This model caused positive social changes.

Keywords: telemedicine, telecommunication history, transtelephonic electrocardiography, tele-ECG, E.Sh. Khalfen, L.V. Chireykin.

References

- Almazov, V.A., Chireykin, L.V. (1985). *Trudnosti i oshibki diagnostiki zabolevanij serdechno-sosudistoj sistemy* [Difficulties and errors in diagnosing cardiovascular diseases]. Leningrad: Meditsina.
- Babskij, E.B., Parin, V.V. (1965). *Fiziologija, medicina i tehničeskij progress* [Physiology, medicine and technological progress]. Moscow: Nauka.
- Barold, S. (2003). Willem Einthoven and the Birth of Clinical Electrocardiography a Hundred Years Ago. *Cardiac Electrophysiology Review*, 1(7), 99–104.
- Borovkov, N.N., Bubel', M.S., Ivanchenko, E.Ju., Kravec, K.F., Utrobina, S.A., Ivanova, I.M. (1989). Osnovnye principy raboty avtomatizirovannogo distancionnogo kardiologičeskogo centra dlja ambulatornyh konsul'tacij. *Sbornik nauchnyh trudov "Avtomatizacija kardiologičeskikh issledovanij v kliničeskoj praktike"* [Basic principles of operation of an automated remote cardiological center

for outpatient consultations]. Collected works Borovkov, N.N., Bubel', M.S., Ivanchectice. Ju., Gor'kij.

Borodulina, Z.B., Birger, G.D. (1974). Ispol'zovanie telefonnyh linij svjazi dlja peredachi EKG v zdравnitsah Jalttersoveta. *Materialy II Ukrainskogo respublikanskogo simpoziuma "Avtomatizacija sbora i obrabotki medicinskoj informacii i primenenie biotelemetrii v praktike kurortov"* [The use of telephone lines for ECG transmission at the Yalttersovet health resorts. Proceedings of the II Ukrainian Republican Symposium "Automation of the collection and processing of medical information and the use of biotelemetry in the practice of health resorts"]. Kiev.

Chapodi, Ch. (1981). Cifrovaja peredacha i hranenie elektrokardiosignalov s primeneniem szhatyh dannyh. V knige: *Teorija i praktika avtomatizacii elektrokardiologicheskikh i klinicheskikh issledovanij* [Digital transmission and storage of electrical cardiac signals using compressed data. In: Theory and practice of automation of electrocardiological and clinical studies]. Kaunas.

Chirejkin, L.V., Shurygin, D.Ja., Labutin, V.K. (1977). *Avtomaticheskij analiz elektrokardiogramm* [Automatic analysis of electrocardiograms]. Moscow: Medicina.

Chirejkin, L.V., Dovgalevskij, P.Ja. (1995). *Distancionnye diagnosticheskie kardiologicheskie centry* [Remote diagnostic cardiology centres]. Saint Petersburg.

Cybulina, E.V., Gavrikov, K.V., Konevskij, A.G. (1977). Kontingenty bol'nyh, podlezhashchie distancionnomu elektrokardiograficheskomu obsledovaniju. *Sbornik nauchnyh trudov "Voprosy eksperimental'noj klinicheskoy kardiologii"* [Contingents of patients subject to remote electrocardiographic examination. Collected works "Issues of experimental clinical cardiology"]. Volgograd.

Einthoven, W. (1906). Le telecardiogramme. *Archives Internationales Physiologie, IV*, 132–164.

Fialko, V.A. (2011). *Takticheskaja medicina. 50-letnij opyt izuchenija i prakticheskogo reshenija problem urgentnoj mediciny dogospital'nogo etapa (1957–2007 gg.)* [Tactical medicine. 50 years of studying and finding practical solutions to the problems of prehospital emergency medicine at the prehospital stage (1957–2007)]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo IRA UTK.

Gabinskij, V.L., Fialko, V.A., Zil'berman, F.A. (1980). Distancionno-konsul'tativnyj centr i ego rol' v uluchshenii kardiologicheskoy pomoshchi naseleniju [Remote consultancy centre and its role in improving cardiological care for the population]. *Sovetskaja medicina*, 6, 91–93 (in Russian).

Gasparjan, S.A., Pashkina, E.S. (2002). *Stranicy istorii informatizacii zdравoohraneniya Rossii* [Pages from the history of healthcare informatisation in Russia]. Moscow (in Russian).

Gavrikov, K.V., Konevskij, A.G., Cybulina, E.V. (1977). Etapy razvitija centralizovannoj diagnosticheskoy pomoshchi pri obsluzhivanii bol'nyh s ishemiceskoy bolezn'ju serdca. *Sbornik nauchnyh trudov "Voprosy eksperimental'noj klinicheskoy kardiologii"* [Stages in the development of centralised diagnostic assistance in the care of patients with coronary heart disease. Collected works "Studies in experimental clinical cardiology"]. Volgograd (in Russian).

Halfen, E.Sh. (1974). Distancionnyj konsul'tacionno-diagnosticheskij kardiologicheskij centr s telemetricheskoy sistemoj dlja elektrokardiografii [Remote consulting and diagnostic cardiology centre with a telemetry system for electrocardiography], *Kardiologija*, 14(10), 24–30 (in Russian).

Halfen, E.Sh. (1977). Osnovnye napravlenija ispol'zovanija matematiki i vychislitel'noj tehniky v kardiologii [Main areas of application of mathematics and computer technology in cardiology], *Kardiologija*, 17(4), 9–25 (in Russian).

Halfen, E.Sh. (1980a). *Kardiologicheskij centr s distancionnym i avtomaticheskim nabljudeniem za bol'nymi: monografija* [Cardiology center with remote and automated monitoring of patients: a monograph]. Moscow: Meditsina (in Russian).

Halfen, E.Sh. (1980b). Avtomatizacija diagnostiki i lechenija serdechno-sosudistyh zabolevanij. *Trudy Leningradskogo NII kardiologii, Saratovskij filial* [Automation of diagnostics and treatment of cardiovascular diseases. Proceedings of the Leningrad Research Institute of Cardiology, Saratov Branch]. Saratov (in Russian).

Halfen, E.Sh. (1985). Kardiologicheskij distancionno-kontrolirujushchij konsul'tativnyj diagnosticheskij centr [Remote consulting and diagnostic cardiology center]. *Kardiologija*, 7(25), 5–9 (in Russian).

Hjelm, N.M., Julius, H.W. (2005). Centenary of tele-electrocardiography and telephonocardiography. *J Telemed Telecare*, 11(7), 336–338.

Ivanov, N.R., Halfen, E.Sh., Radjuk, O.M., Baturin, B.A. (1975). Razvetvlenaja sistema peredachi EKG po kanalim svjazi. *Tezisy dokladov I s'ezda VNMTO "Sostojanie i perspektivy razvitiya medicinskoj tehniky"* [An extensive system for transmitting ECG via communication channels. Abstracts of the I VNMTO Congress "Current state and prospects for the development of medical equipment"]. Moscow (in Russian).

Janushkevichus, Z.I., Stasiunas, A.S. (1963). Peredacha fiziologicheskoj informacii po telefonu [Transmission of physiological information via telephone]. *Cor Vasa*, 5, 152–155 (in Russian).

Janushkevichus, Z.I. (1965). O peredache EKG po telefonnomu kanalu svjazi [On ECG transmission via telephone communication channel]. *Klin. med.*, 43(9), 143–144 (in Russian).

Janushkevichus, Z., Vitenshtejnas, G., Valuzhis, K. (1966). Teleperedacha fonokardiogramov [Remote transmission of phonocardiograms]. *Eksperimental'naja hirurgija i anesteziologija*, 4, 11–12 (in Russian).

Janushkevichus, Z.I., Bluzhas, I.N., Chepajtis, Zh.V. et al. (1977). Rezul'taty sopostavlenija elektrokardiograficheskikh zakljuchenij ekspertov i "Sistemy upravlenija EKG" modeli 5600S. *Tezisy Vsesojuznogo soveshhanija "Teorija i praktika avtomatizacii elektrokardiologicheskikh i klinicheskikh issledovanij"* [The results of comparison of electrocardiographic judgments by the experts and by the "ECG management system," model 5600C. Abstracts of the All-Union Meeting "Theory and practice of automation of electrocardiological and clinical examinations"]. Kaunas.

Janushkevichus, Z.I. (1980). *Matematicheskie metody i vychislitel'naja tehnika v teorii i praktike elektrokardiologii. V kn. Teorija i praktika avtomatizacii v kardiologii* [Mathematical methods and computer technology in the theory and practice of electrocardiology. In: Theory and practice of automation in cardiology]. Vilnius.

Kamysheva, E.P., Denisov, V.I., Voloshina, N.Ju., Suvorov, A.V. et al. (1979). Avtomatizirovannye sistemy diagnostiki, lechenija, dispanserizacii i profilaktiki rannih form ishemiceskogo bolezni serdca i sahar'nogo diabeta. *Tezisy II Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii po medicinskoj kibernetike "Vychislitel'naja diagnostika i teletricheskaja obrabotka medicinskoj informacii"* [Automated systems for diagnostics, treatment, clinical examination, and prevention of early forms of coronary heart disease and diabetes mellitus. Abstracts of the II All-Russian Science-to-Practice Conference on Medical Cybernetics "Computational diagnostics and telemetric processing of medical information"]. Gor'kij.

Kashin, V.L., Pchelinceva, G.A., Mkrčhjan, V.A. (1972). Ustrojstvo registracii EKG po telefonnomu kanalu. *Materialy IV Vsesojuznoj konferencii "Biologičeskaja i medicinskaja elektronika"* [A device for ECG recording via telephone channel. Proceedings of the IV All-Union Conference "Biological and medical electronics"]. Sverdlovsk.

Kiriljuk, I.G., Koblenc-Mishke, A.I., Chavpecov, V.F. (1984). Opyt raboty distancionnogo konsul'tativnogo centra Leningradskoj stancii skoroj medicinskoj pomoshhi [Experience of operating the remote consultancy centre of the Leningrad medical emergency station], *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*, 8, 38–40 (in Russian).

Konevskij, A.G., Gavrikov, K.V., Cybulina, E.V. (1977). Telemetriceskoe elektrokardiograficheskoe obsledovanie. *Sbornik nauchnyh trudov "Voprosy eksperimental'noj kliničeskoj kardiologii"* [Telemetric electrocardiographic examination. Collected works "Studies in experimental clinical cardiology"]. Volgograd.

Levanov, V.M., Orlov, O.I., Merekin, D.V. (2013). Istoricheskie periody razvitiya telemediciny v Rossii [Historical periods of telemedicine development in Russia]. *Vrach i informacionnye tehnologii*, 4, 67–73 (in Russian).

Matthewson, F.S.L., Jackh H. (1955). The telecardiogram. *Am. Heart J.*, 49(1), 77–82.

Matusova, A.P., Nejmark, Ju.I., Batalova, Z.S., Brejdo, M.D., Bubel', M.S. et al. (1979). Ob avtomatizacii issledovanij bol'nyh infarktomyokarda. *Tezisy II Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii po medicinskoj kibernetike "Vychislitel'naja diagnostika i teletricheskaja obrabotka medicinskoj informacii"* [On automation of examinations of patients with myocardial infarction.

Abstracts of the II All-Russian Science-to-Prace Conference on Medical Cybernetics “Computational diagnostics and telemetric processing of medical information”. Gor’kij.

Nejmark, Ju.I., Batalova, Z.S. (1972). *Raspoznavanie obrazov i medicinskaja diagnostika* [Pattern recognition and medical diagnostics]. Moscow: Nauka.

Osokina, A.K., Shchinova, A.M., Potehina, A.V., Filatova, A.Ju., Noeva, E.A., Barabanova, E.A., Provatorov, S.I. (2019) Telemedicina: istorija i perspektivy razvitija [Telemedicine: history and development prospects]. *Vestnik Vserossijskogo obshhestva specialistov po mediko-social’noj ekspertize, reabilitacii i reabilitacionno jindustrii*, 2, 111–120 (in Russian).

Parin, V.V., Baevskij, R.M. (1968). *Medicina i tehnika* [Medicine and technology]. Moscow: Znanie.

Rybak, O.K., Sham’yunov, M.P., Shigin, Yu.N., Dovgalevskij, P.Ja., Svistunov, A.A. (1994) *Autotransljacija EKG kak metod rannego vyjavenija neotlozhnyh sostojanij u bol’nyh ishemicheskoj bolezni’ju serdca* [ECG auto transmission as a method for early detection of emergency conditions in patients with coronary heart disease]. *Kardiologija*, 10(34), 57–59 (in Russian).

Shepel’, R.N., Kutcher, A.V., Vahovskaja, T.V., Drapkina, O.M. (2019). Istorija razvitija telediciny v Rossijskoj Federacii [The history of the development of telemedicine in the Russian Federation]. *Neotlozhnaja kardiologija i kardiovaskuljarnye riski*, 2(3), 765–771.

Strehle, E.M., Shabde, N. (2006). One hundred years of telemedicine: does this new technology have a place in paediatrics? *Archives of Disease in Childhood*, 91, 956–959.

Sisakjan, N.M. (1962). *Problemy kosmicheskoj biologii* [Problems of space biology]. Moscow: Izdatel’stvo Akademii nauk SSSR.

Sysoeva, N.A., Korsunskij, S.B., Ashmarin, I.Ju. et al. (1998). Sluzhba distancionnoj neotlozhnoj kruglosutochnoj konsul’tativnoj kardiologicheskoj pomoshhi [24-hour remote emergency advisory cardiological care service]. *Kardiologija*, 4, 83–85 (in Russian).

Tjomkin, B.M. (1980). Primenenija komp’jutera dlja avtomaticheskoi obrabotki teleelektrokardiogramm bol’nyh infarktomiokarda v processe reabilitacii. *Avtomatizacija diagnostiki i lechenija serdechno-sosudistyh zabolevanij* pod redakciej E.Sh. Halfena [Computer applications for automated processing of teleelectrocardiograms of patients with myocardial infarction during their rehabilitation. In: “Automation of diagnostics and treatment of cardiovascular diseases” ed. by E.Sh. Halfen]. Saratov (in Russian).

Ufimceva, M.A., Nikolaeva, K.I., Zhunisova, D.S., Bochkarev, Ju.M., Shubina, A.S. (2001). Istorija razvitija telediciny [The History of the development of telemedicine]. *Farmateka*, 28(1), 34–38 (in Russian).

Vladzjmyrskyy, A.V. (2019). *Istorija telediciny: stoja na plechah gigantov* [The history of telemedicine: standing on the shoulders of giants (1850–1979)]. Moscow: De’Libri.

Zoltan, K. (1980). *Elektronika v medicine* [Electronics in medicine]. Translation from Hungarian, M.K. Razmahnin (Ed.). Moscow: Sovetskoe radio.