

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕМЕТРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В СССР

Е. В. Романенко, В. Е. Соколов, В. П. Сухов

Институт эволюционной морфологии и экологии животных
им. А. Н. Северцова АН СССР

При изучении объектов и явлений живой природы немало важная роль должна быть отведена биотелеметрическому методу исследования. Понятие биотелеметрии в широком смысле слова охватывает все способы измерения биологических данных на расстоянии. К числу таких способов обычно относят измерения с помощью проводной (наиболее простой), радио, акустической и оптической связи, т. е. предполагается наличие канала связи, обеспечивающего наблюдение и регистрацию информации. В последние годы начали появляться работы [Романенко, 1974; Wartzok et al., 1975], в которых биологическая информация с животного не передается в процессе измерений экспериментатору по какому-либо каналу связи, а регистрируется на самом животном с помощью достаточно миниатюрного автономного магнитофона. После эксперимента магнитофон снимают с животного и анализируют информацию. Такой способ измерения решает многие задачи, доступные обычной телеметрии, и не противоречит приведенному выше определению биотелеметрии, поэтому мы считаем возможным включить его в число биотелеметрических.

Применение телеметрии как метода исследования в биологии началось сравнительно недавно. Первым рождением биотелеметрии считают работы 20—30-х годов, в которых описаны первые успешные опыты по передаче на расстояние физиологической информации методами радиотелеметрии. В то время это было чрезвычайно трудной задачей, если учесть тогдашний уровень развития радиоэлектроники. Справедливо считают [Розенблат, 1976], что работы по биотелеметрии тех лет значительно опередили свое время.

Второе рождение биотелеметрии определяют периодом времени 1955—1957 гг. [Розенблат, 1976]. С этого времени проводятся интенсивные работы по созданию биотелеметрической аппаратуры и применению ее в физиологических исследованиях. В этот же период родилась космическая биотелеметрия. Второе рождение биотелеметрии в значительной степени обусловлено бурным развитием в 50-х годах полупроводниковой и микроэлектронной техники, позволившей создавать значительно более экономичные и миниатюрные телеметрические устройства.

С момента второго рождения биотелеметрии, а точнее, с мо-

мента запуска второго искусственного спутника Земли, когда впервые состоялась передача физиологических и гигиенических показателей с борта спутника, наметились три основных направления развития биотелеметрии: космическое, медицинское и экологическое. Такое разделение весьма условно, так как зачастую одни и те же задачи решаются методами биотелеметрии как в клинической медицине, так и в космической. Тем не менее круг решаемых задач во всех трех направлениях существенно различен. Наибольшие результаты получены в космической и медицинской биотелеметрии (к медицинской мы относим также и спортивную биотелеметрию). В этих направлениях успешно исследуются и контролируются десятки физиологических параметров человека и животных. Создана совершенная аппаратура, некоторые приборы выпускаются промышленностью. Менее развита экологическая биотелеметрия, анализу состояния одного из разделов которой — биотелеметрии диких млекопитающих — посвящена настоящая работа.

Под экологической биотелеметрией мы понимаем дистанционное получение информации о параметрах жизнедеятельности животных в условиях их свободного обитания.

С развитием телеметрических методов (особенно радиотелеметрических) возможности экологических исследований неизмеримо выросли. Телеметрия позволяет регистрировать дистанционно десятки физиологических и физических параметров животных в природе и условиях, приближающихся к условиям их свободного обитания. Многие уже сделано в этом направлении. Однако прежде чем перейти к обзору достижений в этой области, попытаемся сформулировать перечень задач, которые полезно было бы решить методами биотелеметрии (некоторые из них уже начали решаться различными исследователями). При этом мы будем формулировать только такие задачи, принципиальная возможность решения которых методами биотелеметрии не вызывает сомнения. За основу мы берем номенклатуру физиологических параметров (исключив лишь некоторые), удовлетворяющую потребностям широкого круга исследований в прикладной физиологии человека, предложенную В. В. Розенблатом и Л. И. Поповым [1976]. Эту номенклатуру мы дополняем параметрами, специфичными для животного мира, в частности для млекопитающих (наземных и водных). В итоге получаем перечень экологических, физиологических и физических параметров, которые могут быть измерены методами биотелеметрии при экологических и эколого-физиологических исследованиях млекопитающих (табл. 1). Работ проведено немного (перечислены сделанные в нашей стране). Это связано с тем, что телеметрические исследования на животных проводить несравненно сложнее, чем на человеке, а также

Параметры жизнедеятельности животных, исследуемые с помощью телеметрии

Параметр жизнедеятельности	Полоса частот, Гц	Вид животного
Пути передвижения	—	Морской котик [Соколов, Степанов, 1971], косуля [Соколов и др., 1977a]
Двигательная и временная активность	0—100	Бобр, выхухоль, ондатра [Соколов и др., 1977б, 1979], белка [Онуфрениа М., Онуфрениа А., 1978]
Биоэлектрическая активность головного мозга (электроэнцефалограмма)	0,5—100	Афалина [Мухаметов, Супин, 1975, 1978; Мухаметов и др., 1976]
Кожно-гальванический рефлекс (электрическое сопротивление кожи)	0—0,5	Не исследовано
Температура тела и кожных покровов в норах, берлоге	0—0,1	Белый медведь [Беликов, 1976]
Биоэлектрическая активность мышц (электромиограмма)	10—500	Афалина [Мухаметов, Супин, 1975, 1978; Мухаметов и др., 1976]
Биоэлектрическая активность сердца (электрокардиограмма)	0,2—100	Северный олень, лось [Рошевский, 1972, 1974; Коновалов и др., 1972; Рошевский и др., 1976, 1977], макака, павиан [Татоян, 1970; Татоян, Белкания, 1976; Tatoyan, Cherkovich, 1972]
Ритм сердца:		
частота сердечных сокращений	0,3—10	} Макака, павиан [Татоян, 1970; Татоян, Белкания, 1976; Tatoyan, Cherkovich, 1972]
длительность сердечного цикла	5,0—100	
Упруго-вязкие свойства артерий (сфигмограмма):		
кривая артериального пульса ?	0,1—50	} Не исследовано
скорость распространения пульсовой волны	1,0—500	
Кровеисполнение органов и тканей	0,1—50	То же
Артериальное давление	0—50	Афалина [Даргольд и др., 1978a]
Дыхание (частота, объем легочной вентиляции, длительность фаз, объемная скорость вдоха и выдоха, состав воздуха)	Зависит от вида животного	Афалина [Мухаметов, Супин, 1975, 1978; Мухаметов и др., 1976; Романенко, Янов, 1973; Осипович и др., 1972; Даргольд и др., 1978б]
Насыщение артериальной крови кислородом (оксигеграмма)	0—10	Не исследовано
Акустическая активность	Зависит от вида животного	Афалина [Романенко, 1973, 1974, 1975, 1978, 1978a; Романенко и др., 1974]
Биогидродинамика	20—10 000	Афалина [Романенко, 1976; Романенко, Янов, 1973; Козлов, Шкало, 1973], пятнистая ларга, сивуч [Янов, 1978]

с техническими трудностями. (Возможно, единичные публикации не вошли в обзор, но сути дела это не меняет.)

Биологической телеметрии за рубежом (особенно в США) уделяется большое внимание [Юргенсон, 1972]. За последние 15—20 лет опубликовано несколько сот работ, издан ряд монографий и сборников [Bio-telemetry, 1963; Mackay, 1968], а также обобщающие статьи [Buet, 1969; Bachman, Demiling, 1972; Hullemann, Mayer, 1972]. Систематически организуются международ-

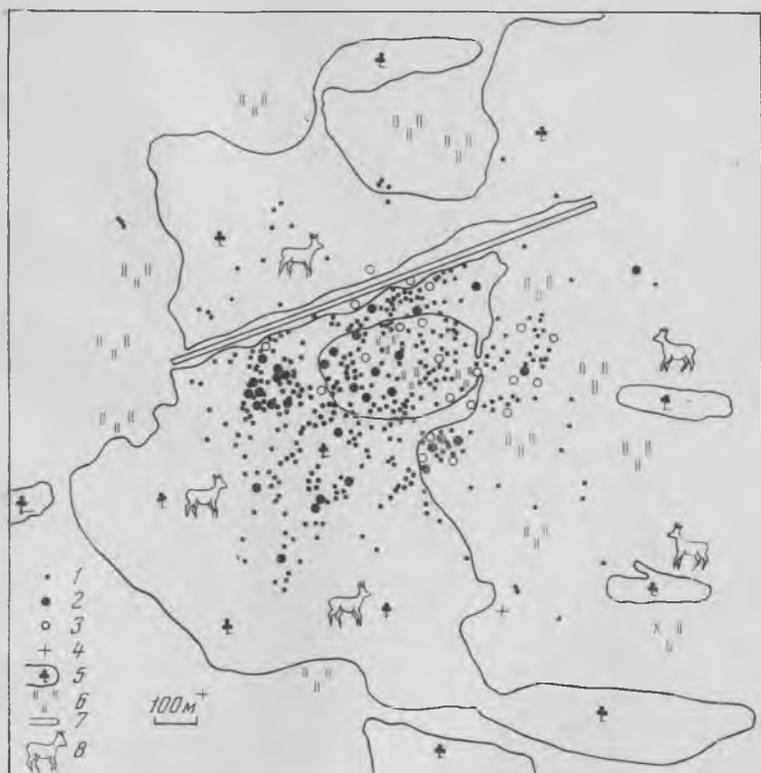


Рис. 1. Участок обитания взрослого самца сибирской косули с мая по сентябрь

1 — местонахождение животного в момент радиопеленгации; 2 — места отдыха; 3 — места, где животное наблюдалось визуально; 4 — расположение приемных антенн; 5 — березовый лес; 6 — суходольный луг; 7 — дорога; 8 — участки соседних самцов (визуальные наблюдения) [по Соколову и др., 1977а]

ные симпозиумы по биотелеметрии (США, 1963, 1976; Нидерланды, 1972; Швейцария, 1974). С 1974 г. в Швейцарии издается международный журнал «Biotelemetry». Экологические и физиологические исследования проведены на 35—40 видах млекопитающих. Подавляющее большинство зарубежных работ посвящено радиопрослеживанию животных, изучению их активности, температуры тела. Значительно меньше работ, связанных с телеметрической регистрацией физиологических показателей. При радиопрослеживании млекопитающих используется авиация. Для ретрансляции температурных параметров черного медведя в берлоге использован даже спутник Земли [Craighead et al.,

1971]. Предпринимаются попытки поиска рыбных косяков с помощью дельфинов, несущих на себе радиопередатчики.

Ряд фирм специализируется на изготовлении биотелеметрической аппаратуры различного назначения, которая с успехом может быть использована при исследовании животных. Например, фирма Wildlife Materials предлагает телеметрическую аппаратуру весом от 300—500 г для крупных животных до 1,4—1,8 г для самых мелких животных. Продолжительность работы—соответственно от 1—16 лет до 10—14 дней, дальность действия от 3—6 миль до 100—150 футов, напряжение источника питания от 2,5—3 до 1,3 В. Необходимо подчеркнуть две особенности указанной аппаратуры. Во-первых, продолжительность работы передатчиков. Она объясняется применением весьма эффективных литиевых источников питания и солнечных батарей. Во-вторых, дальность действия, что обеспечивается применением чувствительных радиоприемников (чувствительность порядка 0,1 мкВ/м).

Теперь перейдем к обзору отечественных работ (см. табл. 1).

Успешные опыты по радиопрослеживанию морских котиков выполнены в акватории о-ва Тюлений. Прослеживалось с берега и корабля с помощью радиотелеметрической системы возвращение четырех животных к острову после того, как они были вывезены и выпущены на расстоянии 14—17 миль от острова. Исследования носили несистематический характер и преследовали целью лишь испытание радиотелеметрической аппаратуры. Передатчик весом около 1 кг был закреплен на животном с помощью лямок. Излучающей антенной служил $\frac{1}{4}$ волновой гибкий штырь. Режим работы импульсный, несущие частоты в диапазоне 46—51 мГц. Приемная система включала в себя радиоприемник типа Р-312 с пятиэлементной пеленгационной антенной. Угловая точность пеленгации 5° , дальность пеленгации 3 мили [Соколов, Степанов, 1971].

Систематические исследования проведены по радиопрослеживанию сибирской косули. Установлено, что самец с закрепленным на нем радиопередатчиком с весны до осени вел оседлый одиночный образ жизни в пределах ограниченного участка площадью около 50 га (рис. 1). После загонов и отловов самец удалялся на 1—3 км от своего участка, но через день-два непременно возвращался. Во время гона движение самца полностью зависит от перемещения самки и участок обитания их в этом случае возрастает до 110 га. За время наблюдений других взрослых самцов на участке самца с передатчиком встречено не было, да и сам он, как видно на рис. 1, несмотря на отдельные рейды, избегал заходить на территории соседних самцов, живущих в том же самом сравнительно небольшом (около 1 км в поперечнике) березовом колке. За сутки самец обходит почти весь свой уча-

сток. Кормился и отдыхал он как в лесу, так и на лугу, но не далее 200—250 м от края леса. На своем летнем участке обитания самец держался приблизительно до середины сентября. В конце сентября его наблюдали в 2—3 км от летнего участка [Соколов и др., 1977а].

Проводилось физиологическое изучение черноморских дельфинов афалин. Дельфинам вживлялись электроды для регистрации электрической активности различных участков головного мозга, глазодвигательных и шейных мышц, электрокардиограммы и пневмограммы. Во время опытов животные свободно плавали в бассейне размером 5×5 м и глубиной 1,2 м. Электроды были соединены с регистрирующей аппаратурой антивибрационными кабелями длиной 6 м. Непрерывная регистрация комплекса физиологических параметров велась на протяжении нескольких суток. Задачей экспериментов являлось изучение суточной активности дельфинов, и в первую очередь цикла «бодрствование — сон». В результате были получены электроэнцефалографические характеристики различных поведенческих состояний дельфинов, соотношения сна с общей двигательной активностью, глазодвигательной активностью, дыханием, распределения сна и бодрствования на протяжении суток. Было обнаружено неизвестное для других млекопитающих явление поочередного развития в двух полушариях мозга дельфинов сонного состояния [Мухаметов, Супин, 1975, 1978; Мухаметов и др., 1976].

Очень плодотворным оказался радиотелеметрический метод при изучении суточной активности речного бобра. Он позволил проследить поведение животного вне убежища, в том числе и подо льдом, в любое время суток. Четко регистрировались моменты выхода бобра из жилища и возвращения. Методика наблюдений за бобрами состояла в следующем. Миниатюрные радиопередатчики крепили у основания хвоста. Общий вес аппаратуры составлял от 135 до 560 г, причем сам передатчик весил всего 20 г. Длительность работы была от 14 до 90 суток. Рабочая частота 35 МГц. Дальность уверенного приема достигала 700—1000 м. Аппаратура позволяла четко различать местонахождение животного в воде и на суше. По изменению интенсивности сигнала судили о передвижениях животных. В результате наблюдений оказалось, что ритм активности всех «помеченных» таким способом животных независимо от длительности пребывания их в неволе стабилизировался на 4—5-е сутки и существенно не менялся на протяжении всего последующего периода наблюдений. Установлено, что бобры способны длительное время (1,5—2 ч) находиться в воде как до установления ледяного покрова, так и подо льдом (при температуре воды около 4°). Отмечено, что при более низкой температуре воды длительность

непрерывного пребывания в воде несколько меньше, чем при более высокой. Характер активности бобров в осенне-зимний период однофазовый, т. е. в течение суток наблюдался один выход из жилища [Соколов и др., 1977б].

Методика исследования активности ондатры и выхухоли [Соколов и др., 1979] существенно не отличается от таковой у бобра. Однако объем и вес передатчиков были существенно уменьшены. Общий вес аппаратуры, длительность работы и дальность приема составляли при изучении ондатры соответственно 55 г, 21 сутки и 300 м, выхухоли — 30 г, 14 суток и 200 м. У ондатр, живших в разных водоемах, отмечен трехфазный тип активности (в течение суток наблюдали три периода активности) как летом, так и зимой. В отличие от ондатры и бобра периоды активности выхухоли, ведущей скрытный образ жизни, не имели приуроченности к какому-либо времени суток, а их продолжительность, как и перерывы между ними, сильно варьировали.

Очень интересны исследования, проведенные на северных оленях и лосях в Коми АССР. Изучалась биоэлектрическая активность сердца животных. Регистрацию ЭКГ осуществляли с помощью радиотелеметрической системы со следующими характеристиками: несущая частота 45,5 МГц, вес передатчика 250 г, тип модуляции ЧМ-ЧМ, дальность действия 500 м при использовании приемника радиостанции Р-105-М, запись на промышленный кардиограф. При изучении ЭКГ северных оленей и лосей обнаружено, что физическая нагрузка — основной фактор, влияющий на их сердечную деятельность. Очень характерны изменения ЭКГ при испуге животных [Рощевский, 1972, 1974; Рощевский и др., 1972; Коновалов и др., 1972].

Изучение биотелеметрическими методами сердечной деятельности у приматов заставило по-новому подойти к оценке данных о частоте сердечного ритма у них, полученных обычными методами. Ранее считалось, что нормальная частота сердечного ритма у макак и павианов составляет 140—300 биений в минуту. Однако исследования с помощью радиотелеметрии показали, что в отсутствие человека частота сердечного ритма у животных снижается до 80—100 биений в минуту. Кроме того, при такой частоте сердечного ритма электрокардиограммы обнаруживают сопутствующую синусную аритмию, которая, как правило, отсутствует при повышенных частотах пульса. Более высокая частота ритма, обнаруживавшаяся ранее, объясняется, по-видимому, возбуждающим влиянием экспериментальной обстановки и присутствием экспериментатора и никак не может считаться нормальной. В этом факте очень отчетливо проиллюстрировано преимущество биотелеметрического метода исследования животных. Для регистрации ЭКГ использовали передатчик весом 55 г, закрепленный на животном. Рабочая частота 145 МГц, дальность

действия до 40 м, длительность работы 8 ч [Татоян, 1970; Tatoyan, Chercovich, 1972].

Более поздние исследования позволили детальнее изучить поведение обезьян в различных ситуациях. Электрокардиографический анализ показал, что переход животного от состояния напряжения к состоянию покоя характеризуется увеличением амплитуды зубца *R*, уменьшением амплитуды зубцов *T* и *S*. Наиболее отчетливой такая направленность изменений амплитуды основных компонентов электрокардиограммы была в периоде максимального покоя животного, пульсометрические характеристики которого отражали состояние ваготонии у обезьян. Переход к состоянию максимальной активности, сопровождающейся усилением симпатических регуляторных влияний, сочетается с противоположной направленностью сдвигов в электрокардиограмме: уменьшение амплитуды зубца *R*, увеличение *S* и *T*. Особенно эти сдвиги выражены при усиленной двигательной и психоэмоциональной активности животных, что отмечается при регистрации электрокардиограмм у обезьян, фиксированных на руках, или в свободном поведении, например при ссоре в обезьяньей группе. Изменения ритма сердечной деятельности у обезьян отмечены также перед утренним кормлением [Татоян, Белкания, 1976].

Телеметрические измерения параметров дыхания к настоящему времени проведены только на дельфинах. Для изучения мгновенного и минутного объемов выдыхаемого воздуха, а также состава воздуха использовано телеметрическое устройство, располагаемое над дыхалом животного и имеющее вес 0,6 кг [Осипович и др., 1972]. С целью отбора проб воздуха в определенной фазе выдоха прибор снабжен специальным регулируемым дросселирующим устройством в виде перемещающейся ленты с отверстиями.

Временные параметры акта дыхания дельфина афалины изучены радиотелеметрическим методом В. Г. Яновым и Е. В. Романенко [1972], а также В. Г. Даргольцем с соавт. [19786]. Получены сведения о частоте дыхательных актов и величине давления воздуха в дыхательной системе. Более детальные материалы о параметрах акта дыхания дельфинов получены с помощью регистрации записи закрепленного непосредственно на самом дельфине малогабаритного автономного магнитофона [Романенко, 1974]. По этой методике в дыхало дельфина вводят миниатюрный гидрофон, подключенный ко входу магнитофона. В процессе дыхательного акта гидрофон воспринимает аэродинамический шум выдыхаемого и вдыхаемого воздуха, который регистрируется на магнитофон при свободном плавании дельфина.

При изучении акустической активности дельфинов были использованы как радиотелеметрический метод [Романенко и др.,

1974], так и метод регистрации на автономный малогабаритный трехканальный магнитофон, закрепляемый на животном [Романенко, 1973, 1974, 1975, 1978]. Однако в связи с тем, что звуковые сигналы дельфинов имеют очень широкий спектр частот (до 150—170 кГц), передача которого по радиоканалу весьма нелегка, радиотелеметрический метод не нашел здесь широкого применения, и практически все результаты были получены Е. В. Романенко с соавт. [1974] с использованием магнитофона. Такая методика позволила установить, что слышит дельфин, точнее, какие звуки достигают области его наружных слуховых проходов.

Наиболее интересный результат получен при изучении способности дельфинов к целенаправленному изменению спектра эхолокационных импульсов. Установлено, что при наличии интенсивной широкополосной шумовой помехи непосредственно на области наружных слуховых проходов дельфин значительно изменяет спектр импульсов, сужая его по сравнению со спектром импульсов, излучаемых до включения помехи [Романенко, 1978].

Интересные звуки зарегистрированы внутри дыхательной системы дельфина во время процесса эхолокации. Для этого внутрь дыхала дельфина ниже внутренней мускульной пробки, запирающей вход в костные ноздри, был введен миниатюрный гидрофон, подключенный ко входу автономного магнитофона, закрепленного на дельфине. Помимо звуков, сопровождающих акт дыхания и упоминавшихся выше, были зарегистрированы слабые свистовые звуки, сопровождающие процесс эхолокации, но не прослушиваемые снаружи. По-видимому, эти звуки имеют аэродинамическую природу и подтверждают гипотезу о пневматическом механизме излучения эхолокационных звуков [Романенко, 1978].

Применение телеметрии при изучении гидродинамики дельфинов позволило подойти к решению проблемы, связанной с «парадоксом Грея», сущность которого состоит в том, что дельфинам (а также некоторым рыбам) приписывается необъяснимая способность двигаться под водой с такими большими скоростями, которые не могут быть обеспечены их запасом мускульной энергии при турбулентном их обтекании. Но несмотря на то что «парадокс Грея» сформулирован очень давно, до сих пор не доказано его существование, так как очень трудно правильно оценить удельную мощность мускулов дельфинов и экспериментально изучить характер их обтекания. «Парадокс Грея» можно объяснить только предположив ламинарное (или частично ламинаризованное) обтекание дельфинов при сверхкритических скоростях плавания. Еще 10—15 лет назад эксперименты по изучению тонкой структуры пограничного слоя дельфина были не-

возможны, так как этого не позволял уровень развития микроэлектроники. Сейчас же такие измерения возможны и уже проводятся [Романенко, 1972; Романенко, Янов, 1973; Козлов, Шакало, 1973]. Первые результаты этих наблюдений оказались неожиданными: обтекание дельфинов при сверхкритических числах Рейнольдса оказалось не ламинарным и не турбулентным, а «промежуточным», т. е. пограничный слой в значительной степени турбулирован, но степень турбулентности приблизительно в 2 раза ниже, чем при полной турбулизации. Однако этот режим обтекания наблюдался лишь в случаях активного плавания дельфина, когда движитель дельфина создавал тягу. Когда дельфин плывет по инерции, на его теле формируется полностью турбулированный пограничный слой.

Применение радиотелеметрии при исследовании морских животных, таких, как китообразные и ластоногие, имеет свои особенности, обусловленные их обитанием в морской воде. Дело в том, что радиоволны в морской воде не распространяются на большие расстояния. Поэтому передача информации с морских животных к приемной аппаратуре возможна либо по воздушному радиоканалу в моменты появления животных у поверхности воды (на значительные расстояния), либо по подводному радиотокеровому каналу (на малые расстояния, измеряемые десятками, в лучшем случае сотнями метров). Передача информации по воздушному радиоканалу с морских животных может успешно применяться, по-видимому, лишь при таком прослеживании животных, когда достаточно эпизодическая регистрация местоположения животного, как это сделано в работе В. Е. Соколова и Н. С. Степанова [1971]. Если же необходима непрерывная регистрация физиологической, гидродинамической или какой-либо другой информации, то приходится прибегать к помощи радиотокерового канала (подводного). Приведенные выше результаты биогиродинамических исследований [Романенко, 1972; Романенко, Янов, 1973] были получены с использованием именно радиотокерового подводного канала связи. При этом радиопередатчик работал на частотах, измеряемых десятками и сотнями килогерц. Излучающая антенна в виде отрезка провода длиной 1,5—2 м находилась в электрическом контакте с окружающей водой. Мощность передатчика 30—50 мВт, вес 300—500 г, дальность действия зависит от конфигурации приемной антенны, которая также находится в электрическом контакте с водой. Использованные виды модуляции: АМ, ЧМ, ЧИМ.

Краткий обзор результатов исследований, проведенных с применением телеметрии, показывает, что значение и возможности этого метода трудно переоценить. Необходимо всемерно пропагандировать его применение. Оценивая перспективы дальнейшего развития телеметрических методов исследования эко-

логии млекопитающих, можно наметить ориентировочно четыре этапа, подобно тому, как это сделано американскими исследователями применительно к изучению морских млекопитающих в Беринговом море [программа BESMEX, 1974]. На первом этапе радиотелеметрическое изучение поведения животных осуществляется простейшими средствами: с наземных станций и кораб-

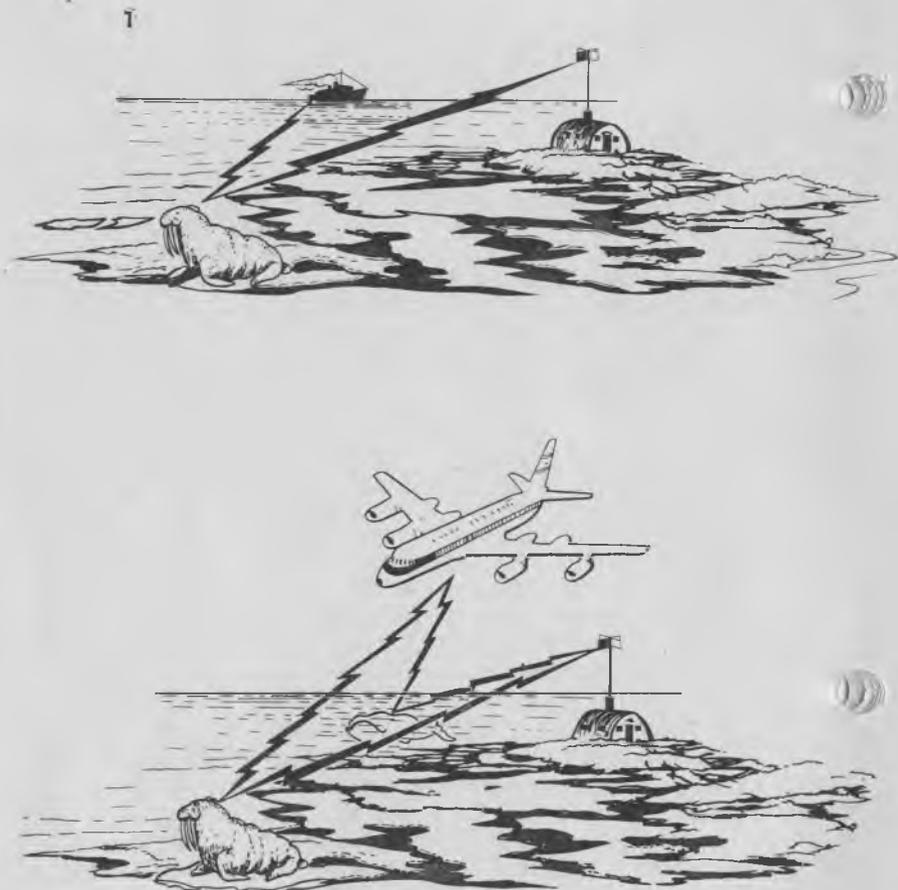
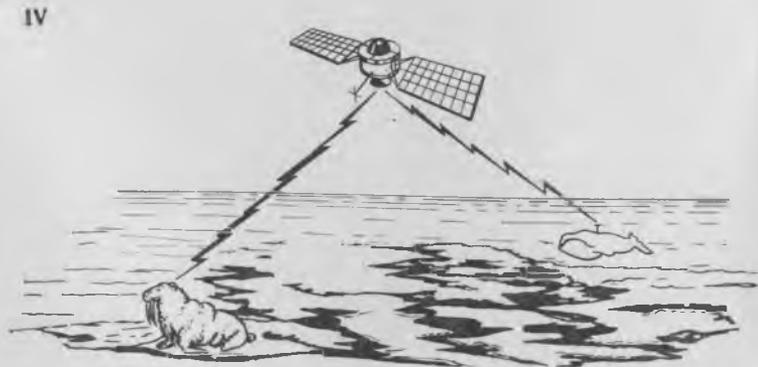
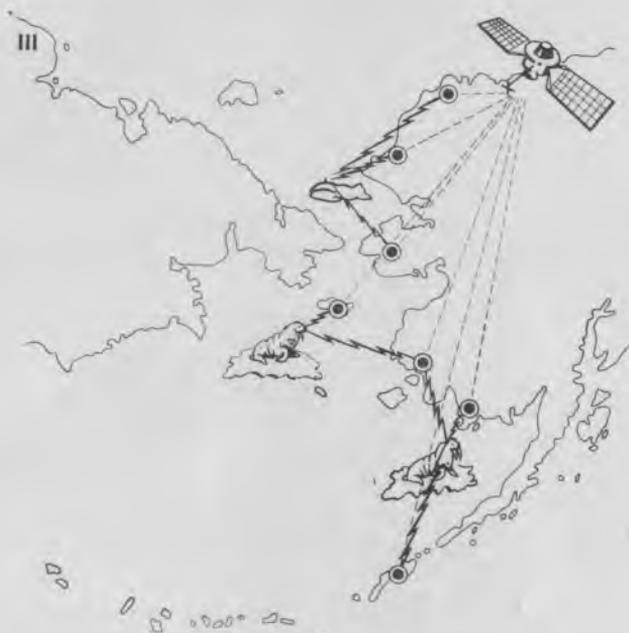


Рис. 2. Этапы исследований по экологической биотелеметрии (I—IV) [по программе BESMEX, 1974]

лей. Такие исследования проводятся в нашей стране, они будут расширяться, причем центр тяжести их должен будет переместиться на всестороннее изучение далеко мигрирующих (китообразные, ластоногие, копытные и др.) млекопитающих, имеющих важное народнохозяйственное значение. Прослеживание на больших расстояниях потребует привлечения авиации. Это вто-



рой этап. Дальнейшее совершенствование систем телеметрии позволит использовать искусственные спутники Земли для оперативного сбора информации со стационарных биотелеметрических станций. Это третий этап. В отдаленной перспективе можно надеяться на использование спутников Земли для снятия информации непосредственно с животных, оснащенных радиопередатчиками, и ретрансляции ее в центр обработки (рис. 2). Однако для того, чтобы это стало реальностью, необходима концентрация усилий исследователей и организаций (ведомств), заинтересованных в таких исследованиях. Прежде всего необходима координация таких исследований. Несомненный успех космической и медицинской биотелеметрии объясняется главным образом хорошей координацией и системой информации. Регулярные совещания, публикации сборников объединяют исследователей, улучшают обмен опытом, облегчают внедрение наиболее удачных разработок, передачу их в серийное производство. Это же является насущно необходимым в области экологической биотелеметрии.

ЛИТЕРАТУРА

- Беликов С. Е. Телеметрические наблюдения за температурным режимом в берлоге белого медведя.— В кн.: Сборник научных трудов Центральной лаборатории охраны природы. 1976, вып. 4, с. 220—226.
- Дарголец В. Г., Романенко Е. В., Соколов В. Е., Юматов Е. А., Янов В. Г. Телеметрическое измерение кровяного давления дельфина.— В кн.: Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания «Морские млекопитающие». Симферополь, 1978а, с. 101—102.
- Дарголец В. Г., Романенко Е. В., Юматов Е. А., Янов В. Г. Измерение давления воздуха в дыхательной системе дельфина радиотелеметрическим методом.— В кн.: Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания «Морские млекопитающие». Симферополь, 1978б, с. 102—103.
- Козлов Л. Ф., Шакало В. М. Некоторые результаты измерений пульсаций скорости в пограничном слое дельфинов.— В кн.: Бионика. Киев: Наук. думка, 1973, вып. 7, с. 50—52.
- Коновалов Н. И., Роцевский М. П., Безносиков В. С. Выбор ЭКГ отведения для телеметрического исследования сердечной деятельности северных нерп и лосей.— В кн.: Техника биологической телеметрии и ее применение в биологии и медицине. М., 1972, с. 230—231.
- Мухаметов Л. М., Супин А. Я. ЭЭГ-исследование различных поведенческих состояний свободноподвижных дельфинов.— Журн. высшей нервной деятельности, 1975, т. 25, № 2, с. 396—401.
- Мухаметов Л. М., Супин А. Я. Сон и бодрствование у дельфинов.— В кн.: Морские млекопитающие. М.: Наука, 1978, с. 66—77.
- Мухаметов Л. М., Супин А. Я., Строкова И. Г. Межполушарная асимметрия функциональных состояний мозга во время сна у дельфинов.— Докл. АН СССР, 1976, т. 229, № 3, с. 767—770.
- Онуфреня М. В., Онуфреня А. С. Опыты по изучению суточной активности обыкновенной белки.— В кн.: Тезисы докладов 2-го съезда Всесоюзного териологического общества. М.: Наука, 1978, с. 229—231.
- Осипович Л. А., Эман А. А., Карандеева О. Г. К вопросу об определении энергозатрат морских животных.— Тр. Северо-Западного заоч. политехн. инта, 1972, № 22, с. 18—19.

- Розенблат В. В. Настоящее и будущее динамической биорадиотелеметрии.— В кн.: Биорадиотелеметрия. Под общ. ред. В. В. Розенבלата, Я. В. Фрейдина. Свердловск, 1976, с. 14—29.
- Розенблат В. В., Попов Л. И. Информация, подлежащая динамической биорадиотелеметрии у человека.— В кн.: Биорадиотелеметрия/Под общ. ред. В. В. Розенבלата, Я. В. Фрейдина. Свердловск, 1976, с. 63—68.
- Романенко Е. В. Звуковые сигналы в ближнем поле афалины.— Зоол. журн., 1973, т. 52, вып. 11, с. 1698—1703.
- Романенко Е. В. Физические основы биоакустики. М.: Наука, 1974. 180 с.
- Романенко Е. В. Регистрация звуков внутри дыхательной системы дельфина.— В кн.: Морские млекопитающие: Материалы VI Всесоюзного совещания по биологии морских млекопитающих. Киев: Наук. думка, 1975, с. 74—75.
- Романенко Е. В. Основы статистической биогиродинамики. М. Наука, 1976. 168 с.
- Романенко Е. В. Некоторые результаты исследования акустики дельфинов.— В кн.: Морские млекопитающие. М.: Наука, 1978а, с. 157—168.
- Романенко Е. В. Проблемы изучения акустики и гидродинамики морских млекопитающих.— В кн.: Новое в изучении китообразных и ластоногих. М.: Наука, 1978б, с. 35—59.
- Романенко Е. В., Янов В. Г. Результаты экспериментов по изучению гидродинамики дельфинов.— В кн.: Бионика. Киев: Наук. думка, 1973, вып. 7, с. 52—56.
- Романенко Е. В., Янов В. Г., Аюпиан А. И. Методика исследования экологического аппарата дельфина с помощью радиотелеметрической системы.— В кн.: Морфология, физиология и акустика морских млекопитающих. М.: Наука, 1974, с. 153—160.
- Роцевский М. П. Эволюционная электрокардиология. Л.: Наука, 1972. 251 с.
- Роцевский М. П. Адаптивные реакции сердца копытных животных в экологических условиях Севера.— Серия препринтов «Научные доклады», Коми фил. АН СССР, 1974, вып. 13, 1—20.
- Роцевский М. П., Безносиков В. С., Шмаков Д. Н., Коновалов Н. И. Радиотелеметрические исследования сердечной деятельности северных оленей и лосей в условиях тайги.— В кн.: Материалы IV Всесоюзной конференции по экологической физиологии, биохимии и морфологии. Краснодар, 1972, с. 220.
- Роцевский М. П., Коновалов Н. И., Безносиков В. С. Радиотелеметрическое исследование реакции сердца северного оленя на физическую нагрузку.— Тр. Коми фил. АН СССР, 1974, т. 27, с. 25—29.
- Роцевский М. П., Коновалов Н. И., Безносиков В. С. Кардинальный компонент эмоционального стресса у лося и северного оленя.— Журн. эволюционной биохимии и физиологии, 1976, т. 12, № 4, с. 381—384.
- Роцевский М. П., Коновалов Н. И., Шмаков Д. Н. Функциональная стабильность сердечной деятельности северных оленей при отрицательных температурах среды.— Экология, 1977, № 2, с. 96—98.
- Соколов В. Е., Данилкин А. А., Яковенко А. Ф., Зимаков Н. В., Степанов А. Д. Радиопрослеживание самца сибирской косули на Южном Урале.— Зоол. журн., 1977а, т. 56, вып. 4, с. 651—654.
- Соколов В. Е., Родионов В. А., Сухов В. П., Кузнецов М. С. Радиотелеметрическое изучение суточной активности речного бобра.— Зоол. журн., 1977б, т. 56, вып. 9, с. 1372—1380.
- Соколов В. Е., Степанов Н. С. Опыт радиопрослеживания морских котиков.— Тр. Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1971, вып. 39, с. 157—165.
- Соколов В. Е., Сухов В. П., Родионов В. А. Изучение суточного ритма активности ондатры (*Ondatra zibethica*) радиотелеметрическим методом.— Зоол. журн., 1979, т. 58, вып. 6, с. 896—902.

- Татоян С. Х. Телеметрическая электрокардиография у павианов гамадрилов.— Журн. эволюц. биохим. и физиол., 1970, т. 6, № 1, с. 55—63.
- Татоян С. Х., Белкания Г. С. Некоторые проблемы экологической телеметрии приматов.— В кн.: Биорадиотелеметрия. Под общ. ред. В. В. Розенблата, Я. В. Фрейдина, Свердловск, 1976, с. 312—318.
- Юргенсон П. Б. Экологическая радиотелеметрия в США.— В кн.: Охотоведение. М.: Лесная пром-сть, 1972, с. 271—280.
- Янов В. Г. Биотелеметрическая система и методика измерений гидродинамических характеристик ластоногих.— В кн.: Морские млекопитающие. М.: Наука, 1978, с. 245—257.
- Янов В. Г., Романенко Е. В. Радиотелеметрическая система для измерения гидродинамических параметров дельфинов в условиях ограниченной акватории.— В кн.: Бионика. Киев: Наукова думка, 1972, с. 92—99.
- Bachman K., Demiling L. Biotelemetry.— München. med. Wochenschr., 1972, Bd. 11, N 43, S. 1447—1449.
- BESMEX (Bering Sea Marine Mammal Experiment). National aeronautics space administration, Ames Research center. Moffett Field (Calif.), 1974, p. 1—52.
- Bio-telemetry. Symposium publications division/ Ed. by L. E. Slater. Oxford etc.: Pergamon Press, 1963.
- Buet A. Bio-telemeasures.— Electron. med., 1969, N 49, p. 3—7.
- Craighead J. J., Craighead F. C., Varney J. R., Cote C. E. Satellite monitoring of black bear.— Bioscience, 1971, vol. 21, N 24, p. 1206—1212.
- Hüllemann K.-D., Mayer H. EKG-Telemetry. Technik und praktische Anwendung.— München med. Wochenschr., 1972, vol. 113, N 1, S. 19—25.
- Mackay R. S. Bio-medical telemetry. Sensing and transmitting biological information from animals and man. New York etc. 1968, p. 1—513.
- Miller W. C. Propoises lead way to huge shoals of fish.— Nat. Fisherman, 1971, vol. 51, N 10, p. 8—23.
- Tatoyan S. K., Cherkovich G. M. The heart rate in monkeys (baboons and macaques) in different physiological states recorded by radiotelemetry.— Folia primatol., 1972, vol. 17, N 4, p. 255—266.
- Wartzok D., Carleton R. G., Martin H. B. A recording instrument package for use with marine mammals.— Rapp. et proc.-verb. Reun. Cons. intern. explor. mer., 1975, N 169, p. 445—450.