

Глава 7

Радиотелеметрия и перемещения птиц

РАДИОТЕЛЕМЕТРИЯ

Для понимания роли, которую играют дикие животные в экологии вирусов ПГ, необходимо подробная информация о перемещениях диких птиц в различных пространственных масштабах. С одной стороны, совпадение между путями миграции некоторых водоплавающих птиц, гнездящихся в Палеарктике, и маршрутами распространения вируса ВППГ H5N1 в Европе и Азии осенью и зимой 2005/06 гг. является хорошей иллюстрацией важности исследований, направленных на определение маршрутов миграции, пунктов промежуточных остановок и зимовочных ареалов конкретных видов, которые нередко охватывают целые континенты. С другой стороны, трудно переоценить исследования, документирующие местные перемещения диких птиц между птицеводческими фермами и близлежащими ВБУ и проливающие свет на пути передачи вируса ВППГ H5N1 от домашних птиц к диким (или наоборот).

Радиотелеметрия – это метод определения маршрутов перемещения птиц по территориям, размер которых может варьироваться от небольших гнездовых территорий оседлых видов птиц до путей миграции перелетных видов в международных масштабах (обзор: Fuller et al. 2005). Радиотелеметрия имеет ряд важных применений при исследовании инфекционных болезней мигрирующих видов, включая экологию вируса ВППГ H5N1. Специальные задачи для такого рода исследований уже были определены во время международной научной конференции ФАО – МЭБ по птичьему гриппу и диким птицам в мае 2006 г.¹⁰ Фактически, проекты по телеметрии, отслеживающие местные перемещения и миграционные маршруты диких птиц, определенных в качестве потенциальных хозяев вируса, уже реализуются¹¹.

Основной принцип радиотелеметрических исследований прост: необходимо прикрепить радиопередатчик к животному и отслеживать сигнал для определения маршрута его передвижения. Поскольку сведения о расположении птиц, помеченных радиометками, можно получать чаще и регулярнее, чем от птиц, помеченных другими методами, телеметрия может обеспечить подробную историю перемещений, что невозможно при более простом повторном наблюдении или отлове. И хотя всегда соблазнительно пометить радиометками какое-то количество животных, чтобы «посмотреть, куда они переместились», на самом деле,

¹⁰ www.fao.org/avianflu/en/conferences_archive.html

¹¹ www.fao.org/avianflu/en/wildbirds_home.html

радиотелеметрия – это достаточно дорогое удовольствие по сравнению с методами повторного наблюдения или отлова. Поэтому для обеспечения успеха любого телеметрического проекта необходимо тщательно взвесить все «за» и «против», хорошо спланировать работу и поставить перед собой четкие задачи.

После постановки задач следует продумать несколько принципиальных моментов будущего телеметрического проекта: 1) тип и размер радиопередатчика; 2) наиболее безопасный способ его крепления на животное; 3) отлов и маркировка выборки особей радиопередатчиками; 4) оптимальные методы слежения за ними; 5) возможности анализа данных. Целые книги были посвящены вопросам планирования и проведения радиотелеметрических исследований, и поэтому подробное обсуждение всех связанных с этим вопросов, очевидно, выходит за рамки этого руководства. Вместо этого читателя можно отослать к прекрасным обзорам Kenward (2001) и Fuller et al. (2005) для более подробного ознакомления с методикой радиотелеметрических исследований.

Отлов, обработка и мечение диких птиц – это деятельность, строго регламентируемая в большинстве стран. Исследователи должны всегда знать и соблюдать регулирующие её местные и государственные законы и получить все необходимые местные и государственные, муниципальные и федеральные разрешительные документы и лицензии.

Радиопередатчики

В прошлом радиопередатчики были простыми ультракоротковолновыми (УКВ) устройствами, которые крепились на птицу или имплантировались (Рисунок 7.1). Для их применения требовались источники питания, антенны и крепежные материалы. Последние технологические достижения позволили разработать передатчики платформенного терминала (ППТ; Рисунок 7.2) и передатчики



РИСУНОК 7.2

Передатчики платформенного терминала (ППТ; первые три слева);
Передатчик системы глобального позиционирования (GPS справа)



ТАБЛИЦА 7.1

Характеристики радиопередатчиков, применяемых при телеметрическом исследовании птиц

	Тип радиопередатчика		
	УКВ	Спутниковый (ППТ)	Спутниковый (GPS)
Вес передатчика	< 1 г до 12	12-18 г	30-60 г
Вид	> 20 г	> 500 г	> 1 кг
Минимальная стоимость	US\$ 100/ea	US\$ 3,200/ea	US \$3,800/ea
Прикрепление	якорь, перо, имплантация	кольца, рюкзак, имплантация	кольцо, рюкзак, имплантация
Источник питания	батарея	батарея или солн. энергия	батарея или солн. энергия
Продолжительность	дни - месяцы*	месяцы - годы	месяцы - годы
Диапазон	0.1 до 100+ км*	Неогр.	Неогр.
Отслеживание	Ручное	Спутниковое	Спутниковое
Интервал отслеживания	Постоянное*	4 часа	Постоянное
Точность	± 5 м до 1 км*	±100 до 200 м	±10 до 20 м
Частота	VHF(УКВ)	UHF(УКВ)	UHF(УКВ)

* Зависит от размера передатчика и применяемого метода отслеживания.

платформенного терминала (ППТ; Рисунок 7.2) и передатчики глобальной системы позиционирования (GPS; Рисунок 7.2), возможности которых шагнули далеко вперед по сравнению с традиционными УКВ-радиопередатчиками. В то время как ППТ и GPS-передатчики функционируют, используя те же основные принципы, что и УКВ радиопередатчики (передача электромагнитного сигнала на специфической частоте, который принимается приемником, настроенными на данную частоту), более продвинутое устройство используют спутники для приема и ретрансляции своих сигналов. Таким образом, УКВ-, ППТ и GPS-передатчики имеют весьма разные характеристики, которые и определяют возможности их применения для различных видов птиц и решения задач разных исследований (Рисунок 7.1).

При выборе между ППТ и GPS-передатчиками следует принять во внимание их габариты по сравнению с размерами птицы, поскольку здесь имеются определенные ограничения. Основное правило заключается в том, что масса радиопередатчика не должен превышать 2–3 % от веса птицы, хотя для маленьких видов птиц (<50 г) этот процент можно увеличить до 3–4. С учетом этого, УКВ-радиопередатчики могут использоваться для всех, за исключением самых маленьких видов птиц, потому что даже самые маленькие передатчики весят чуть меньше одного грамма. В отличие от них, наиболее маленькие ППТ весят 12–18 г, что ограничивает возможности их использования до тех видов птиц, которые весят 500 г (например, маленькие утки и чайки) или более. GPS-передатчики весят 30–60 г и могут быть использованы только для крупных птиц, весящих 1 кг или более (например, гуси и лебеди).

В большинстве случаев точность определения местоположения птицы с помощью ППТ обычно достаточно велика (в пределах 100–200 м), хотя более крупные и дорогие GPS передатчики значительно увеличивают точность определения положения (до 10–20 м). Точность определения местоположения УКВ-передатчиков во многом зависит от применяемого метода слежения и затраченных усилий. Если птицы, помеченные радиометкой, отслеживаются и находятся в зоне видимости, местоположение может быть определено с точностью до 5 м, но в большинстве случаев визуальное наблюдение невозможно, и местоположение определяется приблизительно с разной степенью точности в зависимости от специфики способа слежения (см. Радиотелеметрия в ультракоротковолновом диапазоне).

Можно предусмотреть множество полезных опций для УКВ- и спутниковых радиопередатчиков, хотя эти дополнительные возможности неизбежно приведут к их утяжелению, увеличат потребление энергии и стоимость. Датчики, контролирующие характер деятельности птицы, температуру, давление и проверяющие жива ли она, передают данные посредством изменения частоты выхода передатчика в эфир. Особенно полезно иметь таймеры, запрограммированные на включение и выключение радиопередатчиков в определенное время, что позволяет добиться значительной экономии ресурса батарей. Таймеры могут включать передатчики в то время, когда этого требуют задачи исследования или когда над территорией ожидается прохождение определенных спутников.

Стоимость спутниковых и УКВ-передатчиков сильно различается (таблица 7.1.),

и поэтому использование ППТ и GPS-передатчиков в проектах с ограниченными финансовыми ресурсами проблематично. С другой стороны, при использовании ППТ и GPS-передатчиков можно сэкономить на использовании дорогостоящего оборудования для отслеживания и привлечении дополнительного персонала.

ППТ и GPS-передатчики

Несмотря на свои габариты и стоимость, в случаях, когда ППТ и GPS-передатчики подходят для видов, которые предполагается пометить, они имеют свои серьезные преимущества по сравнению с УКВ телеметрией. ППТ и GPS-слежение автоматизировано и производится спутниковыми системами. Благодаря тому, что сигналы ППТ и GPS принимаются орбитальными полярными спутниками, они могут поступать из любой точки планеты, в том числе из отдаленных или недоступных районов, где меченых птиц невозможно обнаружить какими-либо другими способами.

К счастью, ППТ пригодны для радиомечения околородных птиц и некоторых других крупных видов (>500 г), восприимчивых к вирусу ВППГ H5N1. Это позволяет широко применять спутниковую телеметрию для изучения диких птиц в контексте исследований по ПГ. Спутниковая телеметрия открывает такие возможности для отслеживания маршрутов перемещения птиц и изучения их миграционных путей, которые недостижимы с помощью других методов. ППТ позволяют получить почти непрерывную историю перемещений птицы, предоставляя также подробную информацию о пути миграции, скорости движения и продолжительности промежуточных остановок при перелетах, которые могут пересекать целые континенты.

Продолжительный период работы спутниковых передатчиков, использующих в качестве источника питания солнечные батареи, позволяет проводить длительные исследования, в ходе которых можно выяснить верность определенным путям миграции и пунктам промежуточных остановок в разные годы и обеспечить таким образом данные, помогающие в определении зон повышенного риска появления очагов заболевания. Высокая точность определения местонахождения ППТ и GPS-передатчиков также дает возможность анализировать особенности использования местообитаний в пространстве и времени, включая возможное взаимодействие диких и домашних птиц в районах птицеводства и очагах болезни.

Для того чтобы увеличить размер выборки и компенсировать высокую стоимость спутниковой телеметрии, можно пометить небольшое количество особей с помощью ППТ и одновременно использовать традиционные УКВ-радиопередатчики или другие способы мечения (см. Исследования с использованием мечения и повторного отлова (наблюдения)) для изучения перемещений большого количества особей конкретного вида.

УКВ-радиопередатчик

Многие виды птиц небольших размеров, восприимчивые к вирусу ВППГ H5N1, например, кулики, бакланы, водяные пастушки, лысухи, поганки, вороны и воробьи, а также мелкие утки, чайки, хищники и цапли не подходят для изучения методами

спутниковой телеметрии либо потому, что они ныряющие птицы, либо потому, что они слишком малы (<500 г) для прикрепления к ним ППТ. Имеющиеся сегодня ограничения в применении технологии спутниковой телеметрии делают УКВ-передатчики самыми подходящими для этих видов телеметрическими устройствами.

Исследования, нацеленные на изучение дальних миграций этих видов с применением УКВ-телеметрии, проводились, однако показали себя сложными с материально-технической точки зрения. Необходимо организовать работу бригад по телеметрическому слежению на обширных территориях, многие из которых могут оказаться недоступными для наземных наблюдателей. Поэтому, скорее всего, УКВ-телеметрия найдет свое практическое применение в исследованиях по ПГ для изучения локальных перемещений птиц с целью выяснения особенностей использования ими тех территорий, где риск заражения вирусами ПГ может быть повышенным, как, например, на фермах.

Организация исследований с использованием УКВ-телеметрии гораздо более сложна, по сравнению со спутниковым слежением, главным образом из-за большого объема ручной работы. Это повышает важность таких характеристик УКВ-передатчика, как мощность (дальность) трансляции и срок жизни батарей. Батареи радиопередатчиков – это источники питания с ограниченным сроком работы. Поэтому между мощностью и сроком службы батарей существует компромисс: чем выше мощность, тем меньше ресурс батарей, и наоборот. Его решение напрямую зависит от задач исследования.

Дальность передачи сигнала передатчиком определяет количество усилий, необходимых для его локализации. Поэтому, если ожидается, что животное будет передвигаться по обширной территории, необходимо увеличивать радиус передачи сигнала (за счет снижения ресурса батарей). И наоборот, если предполагается, что вид будет находиться в пределах относительно ограниченной зоны, тогда понадобится меньше усилий на поиск сигнала, и его мощность можно снизить, чтобы продлить срок работы передатчика. Поскольку основные характеристики передатчика сильно зависят от его размеров, пространственный охват и продолжительность телеметрических исследований с помощью этих устройств при исследовании более мелких видов птиц ограничены по сравнению с более крупными птицами.

УКВ-радиопередатчики можно приобрести у целого ряда известных поставщиков. Наилучшим советом с нашей стороны будет предложение ознакомиться с литературой по телеметрии и проконсультироваться со знающими и опытными исследователями, чтобы определиться с наиболее подходящей моделью для изучения интересующего вас вида. Следует помнить, что спецификации радиопередатчика (например, частота вещания, частота пульса, мощность и продолжительность работы) должны быть сразу указаны при его заказе, и их будет сложно или даже невозможно модифицировать уже после изготовления.

ОТЛОВ И РАДИОМЕЧЕНИЕ

Обычно считается, что радиомечение может оказать некоторое негативное воздействие на животное, но можно предпринять усилия для того, чтобы свести его к минимуму и не повлиять на нормальное перемещение и поведение меченых

особей. Это в равной степени хорошо, как для меченого животного, так и для обеспечения успеха исследования. Неблагоприятное влияние радиомечения можно снизить путем: 1) сведения к минимуму времени отлова и обработки; 2) использования самого маленького радиопередатчика, пригодного для решения задач исследования; 3) применения самого незаметного и наиболее подходящего способа крепления передатчика.

Методы отлова уже обсуждались ранее (см. Главу 3), и здесь мы исходим из предположения, что надежный способ отлова уже выбран и, желательно, протестирован в полевых условиях перед тем, как начинать радиомечение. Хорошо спланированные действия помогут свести к минимуму продолжительность пребывания птицы в неволе и стресс, связанный с отловом и радиомечением. Поэтому, прежде чем отпустить помеченную птицу, рекомендуется поддержать её некоторое время в укрытии и понаблюдать за её поведением (особенно если применялась анестезия). Это позволит выявить проблемы перед тем, как она будет отпущена.

Для сокращения продолжительности пребывания птицы в неволе все действия по её мечению должны выполняться на месте отлова или в непосредственной близости от него. По возможности запланируйте отловы так, чтобы они не совпали во времени с теми этапами жизненного цикла, когда птицы и так испытывают физиологический стресс, например, с периодами размножения или миграции. Если же вас интересуют передвижения птиц именно в это время, постарайтесь поймать и пометить птиц за несколько недель до начала этих событий, когда вероятность того, что процедуры отлова и мечения помешают нормальному размножению

РИСУНОК 7.3

Прикрепление телеметрического передатчика с использованием шейного кольца



ССЫЛКА: USGS ЗАПАДНЫЙ ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

или миграции, ниже. Это также предоставит птице возможность прийти в себя от стресса, связанного с отловом, и привыкнуть к передатчику до того, как начинается период гнездования или миграции.

Долгосрочное влияние радиомечения на животное существенно зависит от конструкции самого радиопередатчика и метода, использованного для его прикрепления. Более крупные и неуклюжие устройства с большей вероятностью будут иметь большее отрицательное воздействие. Всегда существует тенденция к применению самого крупного радиопередатчика, подходящего для конкретного вида, вне зависимости от задач исследования; однако использование менее крупных передатчиков настоятельно рекомендуется, если это позволяет решить поставленные задачи, поскольку их влияние на птицу меньше и они дешевле.

Внешние передатчики, несомненно, повышают аэродинамическое сопротивление во время полета (и гидродинамическое сопротивление для ныряющих видов). Несколькими исследованиями было показано, что птицы с передатчиками имеют повышенную смертность, пониженный успех размножения, более низкую скорость кормления птенцов и подвержены другим отрицательным воздействиям. В идеале передатчик должен оставаться прикрепленным к птице на протяжении всего периода исследования, а затем отпасть сразу после его завершения. Однако это бывает крайне редко. Гарантии того, что передатчик останется прикрепленным к птице никто дать не может, вне зависимости от использованного способа его прикрепления.

Разработаны такие способы прикрепления передатчиков на птицу, которые позволяют надеть их на животное с помощью шейного кольца (Рисунок 7.3), системы ремней (Рисунок 7.4) или кольца на ноге (Рисунок 7.5). Шейные кольца и

РИСУНОК 7.4

Прикрепление телеметрического передатчика с использованием системы ремешков



ССЫЛКА: НИКОЛАС ГАЙДЕТ

РИСУНОК 7.5

Прикрепление телеметрического передатчика с использованием ножного кольца



ССЫЛКА: USGS ЗАПАДНЫЙ ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

РИСУНОК 7.6

Прикрепление телеметрического передатчика с использованием подкожного крепления и ниток



ССЫЛКА: СКОТТ НЬЮМАН

ремни обычно отлично удерживают передатчик (часто на протяжении всей жизни птицы) и в настоящее время являются единственными подходящими способами крепления ППТ и GPS-передатчиков. Имеются различные способы обвязки ремнями, рассчитанные на определенные виды птиц. Плохо подогнанные ремни могут привести к натиранию или мешать движениям крыльев. УКВ-передатчики, прикрепленные к ножным кольцам, также служат достаточно долго, но у них были замечены проблемы с дальностью трансляции, возможно, из-за более короткой антенны и близости к земле.

Другие методы прикрепления радиометок на птицу предполагают использование клейких веществ (например, клея, скотча, эпоксидной и других смол и т.д.), нитей и крепежных элементов из нержавеющей стали (Рисунок 7.6) либо по отдельности, либо в сочетании друг с другом. Передатчик остается прикрепленным обычно от нескольких недель до нескольких месяцев (крайне редко дольше); хотя вначале при использовании этих способов крепления следует быть готовыми к потере определенного количества передатчиков. Необходимо проявлять осторожность при применении клейких веществ, поскольку некоторые из них являются сильными раздражителями. Использование нитей и металлического крепежа предполагает проведение относительно несложных медицинских процедур, но они все же являются агрессивными методами. Поэтому настоятельно рекомендуется пользоваться помощью квалифицированных ветеринаров до тех пор, пока исследователь не наберет достаточно опыта в применении этих методов.

Наличие внешних радиометок может отражаться на поведении птицы в течение некоторого времени до тех пор, пока она не привыкнет к передатчику. Некоторые виды крайне негативно относятся к передатчикам и для их мечения можно применять брюшные или подкожные имплантаты. Имплантация радиопередатчиков предполагает проведение крайне сложных хирургических процедур, выполнение которых лучше предоставить квалифицированным ветеринарам или зоологам, специально обученным этому методу.

Для того чтобы выбрать наиболее эффективный метод крепления передатчика для конкретного вида, лучше всего ознакомиться с литературой по телеметрии и проконсультироваться со знающими и опытными исследователями. Можно также провести предварительные полевые испытания и пометить небольшое количество птиц, чтобы выяснить, в чем могут проявиться отрицательные последствия радиомечения и каковы потенциальные проблемы с прикреплением передатчика. Это целесообразно сделать перед началом дорогостоящих проектов.

РАДИОТЕЛЕМЕТРИЯ В УКВ ДИАПАЗОНЕ

Иногда считается, что самая трудная часть телеметрического проекта заканчивается, когда радиомеченные животные начинают свободно передвигаться, и их можно запеленговать. До какой-то степени это верно в отношении спутниковой телеметрии, однако радиотелеметрические исследования в УВЧ-диапазоне требуют значительных поисковых работ, направленных на выявление и определение координат местоположения животных, помеченных передатчиком. Все средства и усилия, затраченные на радиомечение выборки птиц, будут потрачены впустую, если при этом не будут применены эффективные методы телеметрического слежения.

Для телеметрического слежения необходим УКВ-приемник (Рисунок 7.7), соединенный с приемной антенной коаксиальным кабелем для поиска сигналов, излучаемых радиопередатчиками. Наиболее практичные приемники позволяют пользователю программировать желаемые частоты, сканировать эфир на предмет сигналов через установленные интервалы времени и завершать сканирование, как только сигнал будет обнаружен. Хорошо, если есть возможность настраивать

звук и усиливать мощность приема сигнала. Некоторые модели имеют гнездо для включения наушников, использование которых является очень эффективным способом блокировать внешние шумы при проведении слежения с самолета. При выборе различных моделей приемников особо ценными могут оказаться советы опытных исследователей.

Важнейшими характеристиками телеметрических антенн являются портативность и показатель направленности. Показатель направленности зависит от свойств приема антенны, которые определяют возможность регистрировать пиковую и нулевую мощность сигнала в зависимости от ориентации антенны по отношению к его источнику. Наиболее популярные антенны, используемые в телеметрических исследованиях птиц, – это Adcock H и Yagi (Рисунки 7.8, 7.9 и 7.10).

Антенна H обладает меньшей направленностью по сравнению с Yagi, но состоит всего из двух элементов. Поэтому она меньше, легче и удобнее для использования при пешем отслеживании. Антенна Yagi обладает лучшей направленностью по сравнению со всеми обычными телеметрическими антеннами, однако конструктивно наиболее громоздка. Антенны этой модели в основном используются на антенных мачтах, установленных на машинах, на постоянных приемных станциях или прикрепляются на опоры крыльев самолета.

Телеметрическое слежение чаще всего ведется с наземных или воздушных платформ, но методы определения координат передатчика при их использовании отличаются друг от друга. Наблюдения с воздуха проводятся с помощью одного

РИСУНОК 7.7

УКВ-приемник и устройство переключения между антеннами, используемые в традиционных телеметрических исследованиях для слежения с воздуха



ССЫЛКА: СКОТТ-НЬЮМАН

приемника, прикрепленного к двум направленным антеннам, установленным по обеим сторонам самолета. Приемник настраивается для сканирования частот через обе антенны, в то время как наблюдатель слушает эфир с помощью наушников. Зафиксировав сигнал, наблюдатель переключается на разные антенны, чтобы определить, с какой стороны самолета поступает сигнал, и указывает пилоту, куда следует направить самолет. После того как сигнал уловлен несколько раз разными

РИСУНОК 7.8

Четырехэлементная антенна Yagi, установленная на стойке самолета



ССЫЛКА: СКОТТ НЬЮМАН

РИСУНОК 7.9

Антенна Yagi, установленная на башне на отдаленной станции отслеживания, прикрепленная к устройству для регистрации данных



ССЫЛКА: СКОТТ НЬЮМАН

РИСУНОК 7.10
Ручная антенна Adcock H



ССЫЛКА: СКОТТ НЬЮМАН

антеннами, он постепенно усиливается, пока не уравнивается на обеих сторонах самолета, и как раз в этот момент фиксируются координаты местоположения передатчика.

При наземных наблюдениях, осуществляемых пешком или на машине, для точной локализации сигналов используется метод, называемый триангуляцией. При сканировании с фиксированного места с известными координатами сигнал выявляется направленной антенной, а затем записывается азимут направления с самым сильным сигналом. Такая же процедура повторяется вскоре в другом месте поблизости. Если нанести азимуты, замеренные на фиксированных пунктах прослушивания, на карту, две пересекающиеся линии укажут на приблизительное место нахождения сигнала. Некоторые бортовые системы улучшают показатели направленности за счет использования двух точно сконфигурированных антенн Yagi, установленных на антенной мачте.

Одновременное использование воздушных и наземных (или с борта судна) исследований обычно является наиболее эффективной и рентабельной стратегией слежения. Слежение с воздуха обеспечивает большой пространственный охват и большую дальность приема сигнала. Однако при этом страдает точность

определения местоположения сигнала и увеличивается стоимость исследования. В отличие от них, наземные наблюдения обеспечивают более точные координаты местоположения сигнала, зачастую позволяя наблюдать за мечеными животными. К тому же они и куда менее дорогостоящи. Используя преимущества обоих методов, можно применять слежение с воздуха для приблизительной локализации сигналов на больших территориях, а наземные наблюдения использовать для получения более точных координат. Хотя дальность приема на земле ограничена по сравнению со слежением с воздуха, сканирование эфира с холмов, башен и других возвышенностей может в значительной степени помочь в её увеличении.

Программируемые регистраторы данных – это устройства хранения данных, которые прикрепляются к передатчикам или встроены в них. Они позволяют проводить слежение за мечеными животными из фиксированных приемных станций. Регистраторы данных лучше всего использовать для подтверждения присутствия/отсутствия меченых птиц в пределах небольшой территории. В контексте исследований по птичьему гриппу они применимы для проведения постоянного мониторинга местоположения помеченных птиц на птицефермах или в окрестностях очагов заболевания.

Как и приемники, регистраторы данных имеют встроенную батарею. Для увеличения срока работы устройства между техническими обслуживаниями, можно использовать внешние источники питания (например, солнечные или 12-V батареи). Регистраторы данных могут быть запрограммированы на проведение непрерывных наблюдений, или включаться через заданные интервалы времени для экономии ресурса батареи. В полевых условиях эти данные можно загрузить сразу на ноутбук.

Теперь, при наличии надежных, точных и доступных GPS-устройств, времена, когда местоположения объектов телеметрического слежения наносились на топографические карты, уже почти ушли в прошлое. Ручные GPS-устройства особенно полезны для определения координат животных, помеченных радиопередатчиками, или наблюдательных станций, а также для очерчивания зон, охваченных в процессе телеметрического слежения. Простота эксплуатации, портативность и совместимость с большинством компьютерных программ для пространственного анализа данных делает GPS-приемники незаменимыми устройствами при любом радиотелеметрическом исследовании.

АНАЛИЗ ДАННЫХ

Со времен её внедрения в качестве метода слежения за перемещениями диких животных в начале 1960-х годов, радиотелеметрия применяется для изучения локальных перемещений, дисперсии и маршрутов миграции, для определения размеров индивидуальных участков, анализа использования местообитаний и биотопических предпочтений, для оценок численности популяций, изучения внутривидовых и межвидовых отношений, а также для оценки смертности животных. Анализ перемещений и распределения животных в пространстве уже сам по себе стал сложной наукой. Подробнее о специфических методах анализа можно узнать из обзоров White and Garrott (1990) и Fuller et al. (2005).

К счастью, в контексте исследований по экологии ПГ главное применение данных радиотелеметрии выглядит относительно простым. Это изучение перемещений и биотопических предпочтений птиц, которые могут служить потенциальными хозяевами вируса, определение возможных совпадений в использовании местообитаний дикими и домашними птицами, а также исследование вопросов, связанных с совпадением сроков перемещения диких птиц со сроками появления новых вспышек заболевания среди диких или домашних птиц. Например, использование телеметрических данных может помочь установить пути миграции водоплавающих птиц, с тем чтобы проследить пространственно-временные связи между миграциями и распределением вспышек ПГ среди диких и домашних птиц. Этого можно достичь путем простого нанесения на карту данных телеметрии вместе с данными по очагам болезни и визуального исследования итоговой карты на предмет совпадений. Однако при разработке плана телеметрических исследований следует учитывать тот факт, что наблюдаемые перемещения не всегда оказываются репрезентативными для всей популяции, и имеются определенные половозрастные различия в маршрутах миграции представителей одного и того же вида.

В более мелких масштабах телеметрические данные можно использовать для изучения локальных перемещений птиц, а также их биотопических предпочтений. Последнее может включать определение индивидуальных участков с целью выяснения возможностей посещения объектов птицеводства, а также возможности контакта с инфицированными материалами, например, в местах слива отходов из птицефабрик в ВБУ. Анализ индивидуальных участков предполагает использование телеметрических данных для описания пространственного распределения животного в течение определенного периода времени. Его можно свести к соединению пунктов регистрации в форме минимального выпуклого многоугольника, который бы покрывал всю территорию, используемую животным. Он также может проводиться с применением более сложных вероятностных моделей, позволяющих найти различия в характере использования территории (например, *adaptive kernel home range*), что уже потребует применения более сложных географических информационных систем (ГИС).

Знание ГИС в настоящее время является обязательным для тех, кто работает с пространственными данными, описывающими перемещения животных. Программа Arcview GIS, наряду с другими, предлагает широкий спектр опций, которые позволяют пользователю выводить местонахождения на карту, быстро рассчитывать расстояния и скорость передвижения и проводить анализ перемещений, использования индивидуальных территорий и местообитаний, а также решать целый ряд других задач средствами пространственного анализа. ГИС тоже предоставляют возможность проводить сложное картографирование с целью визуального или статистического анализа пространственных зависимостей между положением меченых птиц и распространением местообитаний, а также климатическими переменными. Высококачественные спутниковые снимки поверхности земли, которые делают доступными для пользователя такие компьютерные программы как Google Earth¹², позволяют также добавлять к снимкам пользовательские данные, вроде координат пунктов, отснятых с помощью

GPS-приемника, или отобразить перемещения птиц относительно их среды обитания.

МЕЧЕНИЕ И ПОВТОРНЫЙ ОТЛОВ (НАБЛЮДЕНИЕ)

До того как была создана технология радиотелеметрии, изучение перемещений животных проводилось с использованием мечения и повторного отлова (наблюдения) птиц. Этот метод концептуально прост. Животных ловят, метят для последующей идентификации и выпускают. Последующие повторные отловы или повторные наблюдения, в зависимости от метода маркировки, дают информацию о перемещении помеченных животных. Мечение с повторным отловом (наблюдением) пригодно для работы с любыми видами птиц, которых можно безопасно поймать и пометить. В зависимости от ареалов изучаемых видов такого рода исследования могут охватывать огромные пространства, ограниченные только лишь возможностями самих исследователей.

Мечение диких птиц широко применяется для изучения тех аспектов биологии птиц, которые связаны с использованием пространства. Метод позволяет пометить большое количество птиц таким сочетанием цветов и/или номеров, которое сделает возможным опознавание отдельной особи. Индивидуальное мечение – это ценный инструмент в арсенале средств для изучения перемещений мигрирующих водоплавающих птиц, и оно все чаще используется одновременно с работами по надзору за циркуляцией птичьего гриппа. Очень важно, чтобы любой планируемый проект по мечению птиц был утвержден соответствующими государственными или региональными организациями, с тем чтобы избежать возможных совпадений меток и их комбинаций с уже использованными в других подобных проектах. Существуют хорошо скоординированные схемы для мечения различных видов птиц, действующие в Евразии через EURING¹³, в Африке через AFRING¹⁴, в Азиатско-Тихоокеанском регионе¹⁵, а также целый ряд схем в странах Нового мира.

Принципиальным при выборе метода мечения является применение лишь тех средств, которые позволяют избежать неблагоприятного воздействия на здоровье, выживание, поведение или репродуктивный успех меченых животных. Методы, подходящие для одного вида, могут оказаться неприемлемыми для другого. Лучше всего проводить экспериментальное мечение небольшой выборки, чтобы оценить возможные последствия для птиц, и лишь затем применять метод для мечения большого их количества. Поскольку все работы по отлову, обработке и мечению диких птиц строго контролируются во многих странах, необходимо получить разрешительные документы у соответствующих местных, государственных, региональных, областных и федеральных властей.

В Таблице 7.2 перечислены разные методы мечения птиц с указанием некоторых важных особенностей, которые следует принимать во внимание при планировании исследования с применением мечения животных. Позволяет ли данный метод идентификацию меченых особей, или же можно опознать только группу птиц?

¹² Доступно для бесплатной загрузки на <http://www.earth.google.com>.

¹³ <http://www.cr-birding.be/>

¹⁴ <http://www.safring.net>

¹⁵ <http://wetlands.tekdi.net/colorlist.php>

Представляется ли данный метод опасным для здоровья птиц? Является ли повторный отлов или повторное наблюдение наиболее эффективным средством получения желаемых данных? Ответы на эти вопросы помогут определиться с оптимальным методом мечения.

Нумерованные металлические ножные кольца являются наиболее распространенным средством мечения птиц. Кольца надеваются (должны быть надеты) на каждую птицу, которая отлавливается и затем выпускается в дикую природу. Нумерованные металлические кольца позволяют индивидуально идентифицировать помеченных птиц, но их необходимо заново отловить, чтобы прочесть номера. Сочетание металлических и цветных пластиковых колец (Рисунок 7.11) применяется для мечения различных длинноногих видов птиц (например, куликов). Цветные пластиковые кольца или флажки позволяют индивидуально опознавать маркированных птиц без повторного отлова. Кольца и методы кольцевания были более подробно обсуждены в Главе 4.

Несмотря на то, что помеченные металлическими кольцами птицы должны быть повторно отловлены, кольца, наверное, являются наименее опасными для птиц средствами мечения из числа тех, которые здесь описаны. Применение других методов приводит к необходимости оставлять заметные с большого расстояния внешние метки, которые могут стать причиной физических и поведенческих отклонений. Так, применение крылометок и меток, цепляющихся на перепонки лап водоплавающих птиц, требует серьезного вмешательства, сопровождающегося прокалыванием кожи для прикрепления метки. Птицы, помеченные такими метками, могут быть опознаны на расстоянии, но не исключено, что их понадобится повторно отловить, если номера на метках будет невозможно рассмотреть.

Шейные кольца (Рисунок 7.12), носовые диски (Рисунок 7.13) и «седла», а также цветные ножные кольца или флаги представляют собой хорошо заметные метки, позволяющие идентифицировать птиц с большого расстояния с помощью биноклей или телескопов. С учетом этого они особенно ценны для локальных исследований, в задачи которых входит анализ биотопических предпочтений диких птиц и их взаимодействие с домашними птицами возле хозяйственных систем открытого типа. Многие из этих методов нашли широкое применение в исследованиях водоплавающих птиц. Однако следует проявлять осторожность при использовании носовых дисков или «седел», поскольку плохо прикрепленные метки могут легко запутаться в растительности. Также не рекомендуется применять их для мечения ныряющих видов.

Вещества для окрашивания оперения позволяют оставить на птицах заметные метки, которые хорошо различимы с большого расстояния. Их недостатком является то, что они не дают возможности для индивидуальной идентификации особей. Различные красители, наносимые на перья, лучше всего работают на равномерно окрашенных видах. Темные красители следует применять для более светлых птиц, а темных птиц лучше метить светлыми цветами. Птиц, помеченных красителями, можно будет распознать до наступления очередной линьки. Это обстоятельство следует принять во внимание при выборе сезона для применения этого метода. Необходимо проявлять осторожность при нанесении красящих

ТАБЛИЦА 7.2

Методы мечения диких животных, широко используемые в исследованиях птиц *

Метод мечения	ИД	Угроза здоровью птиц	Коды	Повторный отлов – Наблюдение	Продолжительность
Ножные кольца					
Металл	Инд	Нет	Номер	Отлов	Пожизненно
Пластик, Darvic	Инд	Нет	Цвет	Наблюдение	Мес/Пож
Шейные воротники	Инд	Нет	Цвет+Номер	Наблюдение	Пожизненно
Носовые диски	Инд	Да	Цвет+форма	Наблюдение	Пожизненно
Носовые «седла»	Инд	Да	Цвет+Номер	Наблюдение	Пожизненно
Ленты-стримеры	Группа	Нет	Цвет	Наблюдение	Недели
Флажки	Инд	Нет	Цвет+Номер	Наблюдение	Пожизненно
Окраска оперения	Группа	Нет	Цвет	Наблюдение	Недели
Крылометки	Оба	Да	Цвет+Номер	Оба	Пожизненно
Метки на перепонках лап	Оба	Да	Цвет+Номер	Оба	Пожизненно

* Характеристика каждого метода включает в себя следующее: позволяет ли маркировка идентификацию птиц как индивидов или групп (Инд/Группа); угроза здоровью птиц (да/нет); используются ли номера, цвета или формы для идентификации помеченных птиц; требуется ли получение данных повторных отловов или наблюдений; и продолжительность существования метки.

веществ, поскольку они могут вызвать раздражение на чувствительных тканях.

Цветные пластиковые флажки или ленты являются еще одним способом мечения, позволяющим заметить птицу на большом расстоянии. Его недостаток в том, что он не позволяет индивидуально идентифицировать помеченных птиц. Они, а также пластифицированная ПВХ лента, прикрепленная к ножным или шейным кольцам, или рулевым перьям, позволяют пометить птицу краткосрочно. Такие метки разрушатся или потеряются в течение нескольких недель или месяцев. Длина ленты должна быть достаточной, чтобы её можно было увидеть с

РИСУНОК 7.11

Цветные ножные кольца, используемые в качестве меток при исследованиях с мечением и повторным отловом или наблюдением



ССЫЛКА: РОБ РОБИНСОН

большого расстояния. С другой стороны, с её длиной нельзя переусердствовать, чтобы избежать спутывания ленты с растительностью.

Большинство исследований с использованием мечения и повторного отлова предполагают отлов достаточно большого количества птиц. В Главе 3 уже обсуждались различные способы его организации. Однако были также разработаны такие методы мечения на расстоянии, с помощью которых можно избежать отлова

РИСУНОК 7.12

Шейное кольцо, используемое в качестве метки при исследованиях с мечением и повторным отловом или наблюдением



ССЫЛКА: НЬЯМБАЯР БАТБАЯР

РИСУНОК 7.13

Носовой диск, используемый в качестве метки при исследованиях с мечением и повторным отловом или наблюдением



ССЫЛКА: ДАРЕЛЛ ВИТВОРФ

и обработки птиц, а также связанного с ними стресса. Методы мечения птиц на расстоянии обычно предполагают применение нетоксичных красителей или красок, окрашивающих оперение тогда, когда птицы посещают места гнездования или водопои, где предварительно был нанесен краситель. Эти методы, как правило, не позволяют идентифицировать отдельных животных, но их, несомненно, следует иметь в виду, если групповое мечение позволяет решить задачи исследования. Например, помещая красители в источники воды на открытых птицефермах, можно временно пометить диких птиц и определить, имеют ли место перемещения между фермами и водно-болотными угодьями.

Исследования с использованием мечения требуют значительных усилий для обеспечения повторного отлова (наблюдения) помеченных птиц. Часто их нужно предпринимать в достаточно широких пространственных рамках, чтобы получить желаемые данные по перемещениям. Мечение следует проводить только тогда, когда имеются соответствующие ресурсы для проведения последующих исследований. Взаимодействие и общение с другими исследователями и людьми, связанными с управлением ресурсами животного мира, позволит держать их в курсе возможности встретить меченых животных и повысят результативность повторного отлова и наблюдения.

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ

Недавнее появление метода анализа стабильных изотопов (АСИ) пополнило арсенал эффективных инструментов для исследования различных аспектов миграции птиц. Удобство использования стабильных изотопов (например, водорода, углерода, азота) в качестве индикаторов путей миграции птиц основано на существовании четкой зависимости между концентрацией некоторых изотопов в окружающей среде и их концентрацией в тканях птиц, особенно в перьях. Так как концентрация некоторых изотопов в окружающей среде следует определенным пространственным закономерностям в континентальных масштабах, их концентрация в перьях птиц может служить указанием на место, где происходит линька и развитие новых перьев. АСИ требует применения сложных лабораторных методов, обсуждение которых выходит за рамки данного руководства. Превосходный обзор по этим вопросам можно найти у Hobson (1999).

Пространственное разрешение метода АСИ можно, по-видимому, оценить порядком многих сотен километров в широтном направлении и еще больше в долготном. Хотя метод АСИ неприменим для изучения подробных маршрутов перемещения птиц или определения конкретных мест гнездования, его применение может помочь в описании тех особенностей миграции птиц, изучение которых прямо связано с проблематикой исследований по птичьему гриппу. Это может касаться приблизительного определения районов гнездования водоплавающих птиц, отловленных в местах промежуточных остановок или на зимовке, а также погибших птиц, собранных в очаге болезни.

Несмотря на присущие ему ограничения, метод АСИ не лишен определенных преимуществ. Птиц достаточно отловить всего лишь раз и нет необходимости

метить их с целью выяснения маршрутов дальних миграций. Процедура отбора проб для АСИ очень проста и предполагает удаление лишь небольшого количества перьев. Метод также не имеет никаких ограничений в отношении видовой принадлежности или размера птиц. При использовании метода АСИ нет проблем, связанных с недоступностью каких-либо районов, в отличие от мечения или УКВ-радиотелеметрии. И хотя эти же преимущества присущи спутниковой телеметрии, она оказывается гораздо более дорогостоящей по сравнению с методом АСИ.

ССЫЛКИ И ИСТОЧНИКИ

- Fuller, M.R., Millsaugh, J.J., Church, K.E. & Kenward, R.E.** 2005. Wildlife radiotelemetry. In Braun, C.E., ed. *Techniques for wildlife investigations and management*, pp. 377-417. The Wildlife Society, Bethesda, USA.
- Hobson, K.A.** 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia*, 120: 314-326.
- Jessop, R., Collins, P. & Brown, M.** 1998. The manufacture of leg flags in the light of experience. *Stilt*, 32: 50-52.
- Kenward, R.E.** 2001. *A manual of wildlife radio tagging*. Academic Press, London.
- Silvy, N.A., Lopez, R.R. & Peterson, M.J.** 2005. Wildlife marking techniques. In Braun, C.E., ed. *Techniques for wildlife investigations and management*, pp. 339-376. The Wildlife Society, Bethesda, USA.
- White, G.C. & Garrott, R.A.** 1990. *Analysis of wildlife radio-tracking data*. Academic Press, San Diego, California, USA.