

На правах рукописи

**СИНЕЛЬЩИКОВА
Александра Юрьевна**

**НОЧНАЯ МИГРАЦИЯ ДРОЗДОВ РОДА *TURDUS*
В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПРИБАЛТИКЕ**

03.02.04 – Зоология

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

**Санкт-Петербург
2015**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Зоологическом институте Российской академии наук

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор,
Большаков Казимир Владимирович

Официальные оппоненты: Бёме Ирина Рюриковна, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра зоологии позвоночных, профессор кафедры

Бояринова Юлия Геннадьевна, кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра зоологии позвоночных, заведующая лабораторией

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук

Защита состоится «14» октября 2015 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 002.223.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Зоологическом институте РАН по адресу: 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 1., факс (812) 328-29-41

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Зоологического института РАН, www.zin.ru

Автореферат диссертации разослан « ____ » _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Сиделева
Валентина Григорьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Около 80% видов птиц Евразии и Северной Америки, составляющие по численности миллиарды особей, в той или иной форме демонстрируют миграционное поведение, совершая перелеты между областями размножения и зимовок протяженностью от нескольких сотен до десяти и более тысяч километров (Curry-Lindahl, 1982). Миграция – одно из необычайно интересных и сложных явлений в жизни птиц, которое активно изучают последние 100 лет (Newton, 2008). Современные исследования миграции птиц направлены на решение таких важных вопросов, как ориентация и навигация, энергетика и механика полета, механизмы контроля сроков миграции со стороны внутренних и внешних факторов и ряда других аспектов.

Большинство видов птиц ведёт дневной образ жизни и прекращает активность в период вечерних сумерек. Среди типичных дневных птиц найдены сотни видов, проявляющих (в определенное время годового цикла) активность в ночное время. Наиболее распространенной формой такой активности является ночная миграция (Martin, 1990). Более половины перелётных видов птиц северного полушария совершают миграцию в темное время суток (Большаков, 1977 а; Taylor, 1972). В первую очередь явление ночной миграции широко распространено среди воробьиных птиц (Berthold, 2001). В количественном отношении ночная миграция птиц может составлять от 63 до 85% от общего суточного потока летящих птиц (Zalakevicius et al., 1995). Хотя о феномене ночной миграции птиц знает большинство орнитологов, многие аспекты этого явления далеки от понимания. В этой связи нужно отметить следующее: 1) до сих пор редки даже систематические списки видов, относительно которых установлен сам факт участия их в ночной миграции (Большаков, 1976 б; Bruderer et al., 2010); 2) хотя разделение птиц на «ночных» и «дневных» мигрантов часто используется исследователями, принципиально этот вопрос разработан крайне слабо (Большаков, 1977 а, б; Martin, 1990); 3) очевидны методические трудности в изучении ночной миграции у птиц. Наиболее распространенный до сих пор метод исследований – радиолокационные наблюдения – не позволяет опознавать отдельные виды, а прогресс в этом направлении в последние 40–50 лет практически отсутствует (Eastwood, 1967; Bruderer et al., 2010). Становится ясно, что требуется разработка новых высокотехнологичных методов наблюдения, позволяющих изучение ночной миграции птиц, именно в естественных условиях на уровне определенных видов или отдельных систематических групп.

Цель и задачи исследования. Цель данной работы – детально исследовать явление ночной миграции у систематически близкой группы птиц (европейских дроздов рода *Turdus* Linnaeus, 1758) в юго-восточной Прибалтике.

В рамках выполнения основной цели работы были рассмотрены следующие вопросы:

1. Календарные сроки ночной миграции дроздов, а также сезонная динамика численности в период весенней и осенней миграции.

2. Многолетние изменения сроков весенней и осенней миграции у наиболее многочисленных видов дроздов в восточной Прибалтике – певчего дрозда (*Turdus philomelos*) и белобровика (*T. iliacus*), а также выяснение причин наблюдаемых изменений.

3. Основные элементы ночного ритма активности дроздов, включая старт, транзитный полет, прекращение ночного миграционного полета.

4. Направления ночной миграции дроздов весной и осенью.

5. Влияние ветра на численность летящих птиц, ритм их полетной активности и направление миграции. Проблема ветрового дрейфа.

6. Скорость ночного миграционного полета у наиболее многочисленного вида – певчего дрозда.

Научная новизна работы. Впервые на репрезентативном материале был получен ряд важнейших малоизвестных характеристик ночной миграции европейских дроздов рода *Turdus*. Исследование ночного пролета в естественных условиях позволило подробно рассмотреть такие аспекты миграционного поведения птиц, как фенология и интенсивность миграции, ритм полетной активности, продолжительность миграционных бросков, направленность пролета и пространственное распределение дроздов в Прибалтийском регионе. Впервые была показана роль ветра как важнейшего фактора, определяющего изменение сроков весеннего пролета дроздов и модулятора формирования волн миграции. На примере наиболее многочисленного вида (певчего дрозда) были получены не известные до сих пор характеристики скорости естественного ночного миграционного полета, выяснены способы регуляции скорости полета в зависимости от ветровых условий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты работы имеют важное значение для формирования представления о малоизученной области орнитологии – явлении ночной миграции воробьиных птиц. Проведенное исследование дополнило наши знания о таких общих принципиальных вопросах, как пространственное распределение птиц и направленность перемещений во время сезонных миграций, адаптация птиц к полету в различных ветровых условиях, а также основных стратегиях миграции, связанных с оптимизацией временных и энергетических ресурсов. Практическая ценность работы не формальна, поскольку проблема реакции птиц на антропогенное преобразование ландшафта будет оставаться актуальной еще не одно десятилетие. Прежде всего это – столкновение ночных мигрантов с высотными строениями и самолетами (Martin, 2011). Специально разработанные и примененные авторские методы изучения ночной миграции птиц в последние годы уже использовали для проведения локального экологического мониторинга и выработки рекомендаций по минимизации воздействия

на мигрирующих птиц объектов высотного строительства (Большаков и др., 2011, 2012). Собранный и обобщенный материал явился основой для прогнозирования реакции одной из наиболее многочисленных групп воробьиных (ночных мигрантов *Turdus* spp.) во время ночной весенней и осенней миграции на высотные здания, имеющие искусственную подсветку.

Положения, выносимые на защиту:

1. Продолжительность весенней ночной миграции дроздов в юго-восточной Прибалтике составляет около 70 ночей. Она проходит с середины марта до середины мая. За 45 лет мониторинговых наблюдений сроки весенней миграции у певчего дрозда и белобровика сместились на более ранние календарные даты. Модели линейной регрессии показали, что увеличение повторяемости попутных ветров в марте и апреле объясняет около 60% вариаций сроков весеннего пролета дроздов на Куршской косе, а температурный режим – менее 30% вариаций сроков пролета. Осенняя миграция продолжительностью около 80 ночей происходит с конца августа до начала ноября.

2. В оба сезона ночная миграция дроздов имеет волнообразный характер с регулярным чередованием периодов высокой и низкой численности летящих птиц. Ветер является модулятором формирования миграционных волн. Весной массовое вторжение дроздов происходило при повороте ветра от встречно-бокового к попутно-боковому. Паузы между волнами миграции были связаны с ветрами встречных направлений. Осенью средняя продолжительность волн миграции и периоды попутных ветров были вдвое короче, чем весной, а периоды неблагоприятных для миграции встречных ветров могли длиться более 10 ночей. Волны миграции птиц осенью развивались как при ветрах попутных направлений, так и (в отличие от весны) в ночи со встречными ветрами при снижении их скорости.

3. В период осенней миграции летящие ночью дрозды стремятся поддерживать наиболее экономичную воздушную скорость полета и придерживаются стратегии минимизации общей энергетической стоимости полета. Воздушная скорость ночного миграционного полета певчего дрозда осенью варьировала в зависимости от направления и скорости ветра. При увеличении скорости ветров со встречной компонентой дрозды увеличивали свою воздушную скорость, а при увеличении скорости попутных ветров – уменьшали воздушную скорость полета.

4. Регуляция воздушной скорости осуществляется преимущественно за счет продолжительности инерционной фазы полета: чем длиннее паузы между циклами взмахов крыльями, тем меньше воздушная скорость птицы. Физиологическая частота взмахов (частота в пределах активной фазы полета) – достаточно консервативная характеристика и фактором регуляции воздушной скорости не является.

Личный вклад автора состоит в анализе материала общего банка данных биологической станции «Рыбачий». Данные по ночной миграции

дроздов за период с 1977 по 1997 гг. собраны сотрудниками биологической станции. Данные, собранные непосредственно автором работы, охватывают 10-летний период с 1997 по 2004 гг. и с 2008 по 2010 гг.

Апробация работы. Материалы диссертации представлены в форме устных докладов на следующих конференциях и совещаниях: IV, VII и IX конференции Европейского орнитологического союза (Кемниц, Германия 2003; Цюрих, Швейцария, 2009; Норидж, Великобритания, 2013); Рабочее совещание по изучению миграций и миграционных стоянок птиц на северо-западе России (Санкт-Петербург, 2008); XIII Международная орнитологическая конференция северной Евразии (Оренбург, 2010); V Всероссийская конференция по поведению животных (Москва, 2012); конференция «Ориентация и навигация животных» (Москва, 2014).

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 20 работ – 10 научных статей [в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК (3 – в базе данных Web of Science)] и 10 публикаций в материалах международных и всероссийских конференций.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 190 страницах и состоит из введения, 8 глав, заключения, выводов, списка литературы, включающего 420 источника, в том числе 340 на иностранных языках. Работа иллюстрирована 42 рисунками и 31 таблицей.

Благодарности. Данная работа стала возможной благодаря усилиям всего коллектива биологической станции «Рыбачий» Зоологического института РАН. Работа по отлову и кольцеванию птиц проводилась в составе коллектива сотрудников: Н.П. Зеленова, В.Д. Ефремов, В.В. Косарев, Д.Ю. Леоке, Д.С. Люлеева, М.Ю. Марковец, А. Л. Мухин, В.А. Паевский, М.Н. Параничева, Л.В. Соколов, Н.А. Соседова, Н.В. Титов, Е.В. Троникова, В.А. Федоров, Н.С. Чернецов, А.П. Шаповал, М.Е. Шумаков, А.Л. Цвей, а также российскими и иностранными волонтерами и студентами, за что я им благодарна. Огромный вклад в создание новой методики регистрации летящих ночью птиц внесли сотрудники Пулковской главной астрономической обсерватории РАН – М.В. Воротков, В.Л. Горшков и Н.О. Миллер. Всем им я крайне признательна. Я очень благодарна Казимиру Владимировичу Большакову, моему научному руководителю, который инициировал множество исследовательских проектов, нашедших отражение в этой работе. Особая благодарность Виктору Николаевичу Булюку за обучение методикам наблюдения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Особенности миграции дроздов в Европе (литературный обзор)

Обзор литературы представлен четырьмя разделами. В первом разделе изложены современные представления о ночной миграции дроздов. Второй раздел посвящен общим принципам организации миграции воробьиных

птиц. Третий раздел содержит данные исследования миграции дроздов непосредственно в восточной Прибалтике. Четвертый раздел посвящен пространственному распределению дроздов в Европе, статусу видов и дальности миграции.

Через восточную Прибалтику в заметном количестве мигрируют 5 видов дроздов: певчий дрозд (*Turdus philomelos*), дрозд белобровик (*T. iliacus*), черный дрозд (*T. merula*), дрозд рябинник (*T. pilaris*) и дрозд деряба (*T. viscivorus*). Хотя наблюдателям хорошо известны дневные направленные перемещения дроздов в период сезонных миграций (Большаков, 1977б, 1981а; Alerstam, 1975; Huttunen, 2004а), исследования на видовом уровне показали, что все виды европейских дроздов – ночные мигранты (Redfern et al., 2000; Bolshakov et al., 2002 d; Hüppler, Hilgerloh, 2012). Из 5 видов дроздов в большей степени можно отнести к типичным ночным мигрантам певчего дрозда, белобровика и черного дрозда. Данные возвратов кольцевания показывают, что регион происхождения дроздов, мигрирующих через юго-восточную Прибалтику, – Финляндия, северо-запад России и страны восточной Прибалтики. Области зимовки всех видов дроздов расположены преимущественно в странах северо-западного Средиземноморья (Франции, Италии, Испании). Различий в направлении миграционных перемещений в район зимовки у дроздов разных видов не обнаружено (Паевский и др., 2004).

Глава 2. Район исследований, методы и материал

Наблюдения проводили в юго-восточной Прибалтике на Куршской косе Балтийского моря на полевых стационарах биологической станции «Рыбачий» (55° 12' с.ш., 20° 46' в.д.) в период с 1977 до 2010 гг. Основной методической проблемой в изучении ночной миграции птиц является обнаружение и распознавание объектов малого размера, летящих в темноте на большой высоте, поэтому мы применяли комплекс уже известных методов и разработали новые методы изучения ночной миграции птиц. Примененные нами основные методы можно разделить на две группы: 1) методы, позволяющие опознавать в ночное время отдельные виды дроздов и 2) методы, позволяющие отличать ночью дроздов (*Turdus* spp.) от других воробьиных на уровне рода, но крайне редко определять отдельные виды. К первой группе относятся следующие методы:

– *учет звуковых сигналов летящих ночью птиц* использован для изучения сроков (в первую очередь начала и окончания пролета) и оценки относительной численности отдельных видов дроздов в миграционном потоке (379 ночей регистрации сигналов);

– *наблюдение в луче горизонтально направленных прожекторов* позволило исследовать начало ночного полета, прекращение полета, продолжительность полета в течение ночи;

– *отлов птиц в высокие сети*, открытые в ночное время и расположенные на высоте 7 м над землей, позволил определить время старта и прекращения ночного полета, а также оценить массу тела и жировые резервы стартовавших и прекративших полет певчих дроздов (99 отловленных птиц).

Ко второй группе относятся следующие методы:

– *лунный метод* – наблюдение летящих ночью птиц в телескоп на фоне освещенного диска Луны. Лунный метод позволил выяснить сроки и сезонную динамику ночной миграции дроздов весной и осенью, оценить численность летящих дроздов, направление миграции, высотное распределение, влияние направления и скорости ветра на основные характеристики миграции. В общей сложности за 163 ночи (15 лет) весенних наблюдений опознаны 1755 дроздов; осенью за 168 ночей наблюдений (13 лет) – 1936 дроздов;

– *сейлометрический метод* (наблюдение летящих птиц в луче вертикально направленного прожектора) применялся для исследования динамики ночного пролета для серий последовательных ночей (волн миграции) в течение весеннего и осеннего сезонов (75 ночей наблюдений, 271 отмеченная птица);

– *регистрация летящих ночью птиц с помощью электронно-оптической системы (ЭОС)*, разработанной на биологической станции «Рыбачий» (Воротков, Синельщикова, 2014; Vorotkov et al., 2009; Bolshakov et al., 2010). ЭОС позволяла обнаруживать летящих ночью птиц на высоте до 800 м, получать изображения птиц в виде последовательности четких силуэтов и проводить мониторинговые наблюдения. Для каждой зарегистрированной птицы получены следующие характеристики полета: высота, размер (размах крыльев и длина тела), направление полета, ориентация оси тела, скорость полета относительно земли, воздушная скорость полета (ее рассчитывали на основе измерений ветрового профиля), частота взмахов крыльев, продолжительность пауз между отдельными циклами, характер траектории движения. Основными параметрами, используемыми для выделения систематической группы дроздов (*Turdus* spp.), явились очертание силуэта, характер полета – чередование серий взмахов крыльями и пауз между ними, соответствующие размерные характеристики. Кроме этого, использование размерных и фенологических данных позволило отобрать материал по одному виду – певчему дрозду. Певчими дроздами считались воробьиные птицы, имеющие длину тела 20–24 см и размах крыльев 32–38 см, а соотношение размаха крыльев к длине тела – не более 1.7 (Воротков, Синельщикова, 2014). Среди зарегистрированных в сентябре и первой декаде октября в миграционном потоке дроздов этот вид составлял около 90%. Общий объем материала, собранного с помощью ЭОС, в 2008–2010 гг. следующий: из 7 000 зарегистрированных птиц как дрозды опознаны 2774 птицы. Из них 963 трека дроздов были отнесены к певчему дрозду и имели практически все необходимые измеренные характеристики.

Расчет базовых теоретических величин скорости V_{mp} и V_{mr} для певчего дрозда проводил по программе К. Пенникуика Flight 1.24 (<http://www.bio.bristol.ac.uk/people/pennycuick.htm>), где V_{mp} (minimum power speed) – скорость при минимальной мощности полета и V_{mr} (maximum range speed) – скорость преодоления максимальной дистанции при данном количестве энергетических запасов.

Дополнительно были проанализированы данные многолетних отловов дроздов большими ловушками «рыбачинского типа» (Payevsky, 2000) с 1957 по 2003 гг. с целью исследования долговременных изменений сроков сезонных миграций у двух наиболее многочисленных видов: певчего дрозда (отловлено весной – 1437, осенью – 12439 птиц) и дрозда белобровика (весна – 826, осень – 3765 птиц).

В работе также использована база данных повторных находок дроздов, окольцованных на Куршской косе и найденных за ее пределами, а также птиц, окольцованных в других регионах Европы и затем отловленных на Куршской косе. Общее число возвратов колец по видам следующее: певчий дрозд – 455 птиц; дрозд белобровик – 105 птиц; черный дрозд – 109 птиц; рябинник – 52 птицы; деряба – 7 птиц.

Статистический анализ данных проводили стандартными методами (Mardia, 1972; Batschelet, 1981; Zar, 2009) с помощью пакета прикладных программ в среде программирования Matlab 6.5.1 (Release 13, 2003) и R 2.7.2 (2008) (R Development Core Team 2008).

Глава 3. Сроки и динамика ночной миграции дроздов

Согласно наблюдению птиц, пролетающих на фоне лунного диска, и данным ночного учета звуковых сигналов весенняя миграция дроздов продолжается со второй декады марта до конца второй декады мая при медиане численности 17 апреля. Во второй декаде апреля пролетает 55% всего миграционного потока дроздов. В это время интенсивность пролета составляет около 282 000 птиц через фронт в 1 км в течение 10 ночей. По многолетним лунным оценкам в районе Куршской косы всего за сезон пролетает около 515 000 дроздов через фронт 1 км. Численность отдельных видов в потоке, рассчитанная для периода с 10 марта по 25 мая показана на рис. 1, а.

В отличие от северо-восточной Европы, где в годовом цикле дроздов присутствует летняя миграция, характеризующаяся северной направленностью перемещений (Резвый, Большаков, 1987), на юге восточной Прибалтики выраженной летней миграции дроздов в июне–июле не отмечено.

Осенняя миграция продолжительностью порядка 80 ночей происходит со второй декады августа до конца первой декады ноября (заканчивается, вероятно, позднее). Медиана ночной миграции осенью приходится на 30 сентября. Более половины птиц (59%) пролетает в течение 20 ночей в период с 3 декады сентября до 1 декады октября при интенсивности пролета 115 000

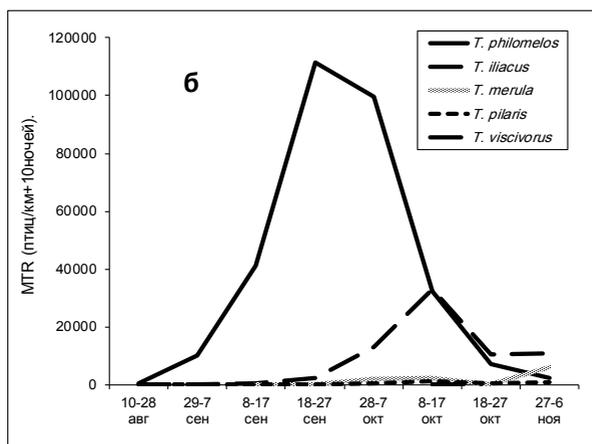
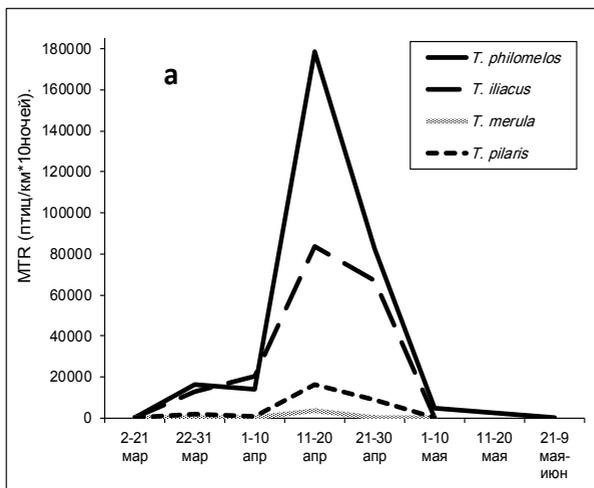


Рис. 1. Динамика численности отдельных видов дроздов в период (а) весенней и (б) осенней миграции на Куршской косе. На оси ординат отложено значение стандартного показателя MTR (Migration Traffic Rate) – число пролетевших птиц через фронт в 1 км за 10 ночей

птиц/км · 10 ночей. По многолетним лунным оценкам в районе Куршской косы за сезон осенней миграции через фронт в 1 км пролетает в среднем около 391 000 дроздов. Динамика численности дроздов отдельных видов с учетом их количественного соотношения в потоке показана на рис. 1, б.

В оба сезона белобровик и певчий дрозд по численности составляют более 90% всех мигрирующих видов дроздов. Весной в районе исследования певчий дрозд составляет 56%, а белобровик – 37%. Осенью в сентябре певчие дрозды доминируют в миграционном потоке, составляя 98% дроздов, а в сентябре–первой декаде октября они составляют 86% всех видов дроздов (Sinelschikova et al., 2003).

На Куршской косе обращает на себя внимание тот факт, что даже при введении поправок на недоучет низко летящих птиц соотношение численности дроздов между сезонами (весна – 535 000 птиц/км-сезон и осень – 510 000 птиц / км-сезон) составляет примерно 1:1. Такое соотношение не соответствует ожидаемому 1:2.5, которое предполагает более высокую численность мигрирующих птиц осенью, чем весной за счет молодняка (Мальчевский, Пукинский, 1983). Однозначного объяснения этому явлению пока не найдено. Мы предполагаем, что Балтийское море, представляя серьезный барьер для мигрирующих дроздов, влияет на их пространственное распределение в оба сезона и нарушает ожидаемое распределение численности между весной и осенью в районе восточной Прибалтики. Сложностью миграционных путей (см. гл. 7) отчасти можно объяснить наблюдаемое соотношение численности, которое не соответствует ожидаемому. Влияние ветровых условий Прибалтики и топографические особенности Куршской косы также могут влиять на соотношение численности мигрирующих птиц. Доминирующие весной попутные для дроздов юго-западные ветра способствуют пролету птиц над Куршской косой, а доминирующие осенью западные встречно-боковые ветра могут отклонять часть птиц вглубь континента.

Глава 4. Долговременные изменения сроков весенней и осенней миграции

В последние десятилетия практически на всей территории Европы сроки сезонных миграций многих видов птиц претерпели существенные изменения (Соколов, 2010; Møller et al., 2010). Причины таких изменений связывают с глобальными климатическими изменениями, которые четко прослеживаются, начиная с середины XX века. За 45 лет мониторинговых отловов нами обнаружено смещение сроков весенней миграции на более ранние календарные даты у певчего дрозда и белобровика (Sinelschikova, Sokolov, 2004). Медианные даты весеннего пролета у обоих видов достоверно сместились в среднем на 10 дней. У певчего дрозда на 0.25 ± 0.16 дней в год ($P = 0.009$); у белобровика – на 0.23 ± 0.18 дней ($P=0.01$). Нами установлена тенденция увеличения повторяемости юго-западных ветров в западной и центральной Европе весной в ночное время, являющихся попутными для многих видов птиц, в том числе дроздов (Sinelschikova et al., 2007). В апреле, когда проходит массовая миграция дроздов, повторяемость попутных ветров достоверно увеличилась на протяжении участка миграционной трассы от юго-западной Франции до южной Прибалтики ($P < 0.05$). В марте сроки первой половины и середины миграции (даты отлова 20%, 50% птиц) певчего дрозда связаны с ветрами в северо-западной области зимовки. В апреле практически все этапы пролета певчих дроздов (20%, 50%, 80%, 95% птиц) на Куршской косе связаны с ветрами на участке от северной Франции до южной Прибалтики. Майские ветра на юге и юго-востоке Балтийского региона влияют на сроки окончания пролета. Повторяемость попутных ЮЗ ветров

Регрессия повторяемости попутных ветров и температуры относительно медианной даты отлова певчего дрозда в период весеннего пролета на Куршской косе.

Факторы, включенные в модель	$F(2,22)$	P	R^2
$\Delta d'$ Март + $\Delta d'$ Апрель	16.214	0.0001	0.596
$\Delta t'$ Март + $\Delta t'$ Апрель	4.329	0.026	0.282

Примечание: $\Delta t'=(t-t \text{ ср.})/SD(t)$; $\Delta d'=(d-d \text{ ср.})/SD(d)$; t – температура; d – повторяемость попутных ветров.

в апреле объясняет около 50% вариации сроков весеннего пролета певчих дроздов в юго-восточной Прибалтике, а в марте и апреле – даже 60% вариаций (см. табл.).

У певчего дрозда изменение сроков весеннего пролета также связано с повышением температуры воздуха, но лишь в марте – в районе зимовки и частично – на трассе миграции в апреле. Температурный режим объясняет менее 30% вариаций сроков пролета у этого вида (см. табл.).

Таким образом, более ранние сроки прилета дроздов в Балтийский регион определяются увеличением скорости прохождения миграционной трассы за счет использования большего числа ночей с благоприятными для миграции попутными ветрами. Более высокие весенние температуры воздуха позволяют птицам «закрепиться» на достигнутых территориях в более ранние календарные сроки. Высокая степень скоррелированности между собой сроков пролета у певчего дрозда и белобровика ($r = 0.819$; $P < 0.001$; $n = 40$ лет) вида, также зимующего в основном в юго-западной Европе, позволяет предполагать, что сроки весеннего пролета у обоих видов определяются одними и теми же причинами.

Сроки миграции у певчего дрозда в восточной Прибалтике на протяжении 45 лет существенно не изменились, а вот в отношении белобровика можно говорить о значимой тенденции задержки осенней миграции (результат регрессионного анализа для медианной даты отлова $F = 5.69$; $P = 0.021$). Четкого понимания причин изменения сроков осенней миграции у некоторых видов воробьиных птиц пока нет. Существует мнение, что благодаря более раннему прилету и гнездованию продолжительность репродуктивного периода у полициклических видов, таких как дрозды (Хохлова, 2011), увеличивается за счет увеличения числа пар, успевающих вырастить вторые выводки (Jenni, Kéry, 2003; Sinelschikova, Sokolov, 2004).

Глава 5. Ритм полетной активности дроздов

Ритм полетной активности определяется динамикой интенсивности пролета в течение ночи, временем старта и посадки. Весной на Куршской косе прослеживается смещение пика интенсивности пролета с конца ночи

на ее начало. В марте пик численности приходился на конец ночи (9-й час после захода солнца), при продолжительности ночи около 12 ч, а в апреле – на середину и вторую половину ночи (5–7 ч после захода солнца), при продолжительности ночи около 10 ч. При этом интенсивность миграции во второй половине ночи выше, чем в первой, в среднем в 2 раза (2040 и 4530 птиц/км•ч соответственно). В мае в условиях коротких ночей (продолжительностью около 8 ч) пик пролета наблюдается во втором часу после захода солнца. В определенной степени смещение пика интенсивности пролета весной может отражать пространственное распределение птиц на трассе миграции. В начале весны основная масса птиц стартует из районов, расположенных южнее Куршской косы, и отмечается наблюдателем преимущественно во второй половине–середине ночи. В мае, когда основная масса дроздов уже сместилась к северу от косы, наблюдатель отмечает локально распределенных птиц вскоре после старта.

Осенью в период наиболее интенсивного пролета в конце сентября численность дроздов оказывается ниже, чем весной, и составляет 1560 и 1070 птиц/км•ч в первую и вторую половины ночи соответственно. В сентябре численность летящих дроздов достигает максимума в четвертом, а в октябре – в пятом часу после захода солнца и сохраняется на высоком уровне на протяжении последующих 4–5 ч. Достаточно высокие плотности в период массовой миграции во второй половине ночи осенью (а весной и в конце ночи) могут быть также связаны с высокой концентрацией птиц над Куршской косой, которая является узкой полосой суши между морем и заливом и «притягивает» птиц в часы посадки.

Данные наших наблюдений опровергают устоявшееся мнение о синхронном старте воробьиных птиц в начале ночи (Berthold, 1996, 2001). В оба сезона период взлетной активности у разных видов дроздов растянут на 8–11 ч. Весной незначительная часть дроздов стартует еще до захода солнца. После наступления навигационных сумерек начинают полет около 67% черных дроздов, 92% певчих и 94% белобровиков. Среднее время начала ночного полета у черного дрозда и певчего составляет соответственно 145 и 189 мин после захода солнца. Осенью в восточной Прибалтике у разных видов дроздов время взлета первых птиц сходное и составляет около 26–35 мин после захода солнца. Белобровики и черные дрозды, мигрируя в условиях более продолжительной ночи, начинают ночной полет в среднем на 1.3– 3.6 часа позже, чем певчий дрозд, при медиане численности 250 мин, 386 мин и 172 мин после захода солнца соответственно.

Весной, как и осенью, дрозды прекращают полет в разное время ночи. Весной певчие дрозды садились в интервале между 380 мин и 34 мин до восхода солнца, однако 74% птиц садились в последние два часа до восхода, медиана времени посадки – 75 мин до восхода. Белобровики также прекращали полет на протяжении большей части ночи, в интервале от 480 мин

до 26 мин до восхода. Около 57% белобровиков приземлялись в течение последних двух часов перед восходом. По суммарным данным для четырех видов (певчего, белобровика, черного дрозда и рябинника) 58% птиц прекращали ночной полет весной в последние два часа ночи.

Осенью разные виды дроздов прекращают полет достаточно равномерно на протяжении всей ночи, однако большее число птиц приземляются, как и весной, в период утренних сумерек. Если темное время суток условно разделить на три периода, то у певчего дрозда доли птиц, севших в начале, середине и конце ночи, в целом за сезон будут соотноситься как 13, 27 и 60%. Прекращение полета завит от погоды и (особенно) ветров. При оптимальных для миграции попутных СВ ветрах около 75% дроздов прекращали полет только в самом конце ночи. При встречных ветрах относительное число дроздов, прекращавших полет в начале и середине ночи, достигало 60%. Поскольку осенью пролет проходит в менее благоприятных ветровых условиях, чем весной (см. зл. б), то в целом большее количество птиц имеет тенденцию садиться в середине ночи, и полет оказывается менее продолжительным, чем весной.

Глава 6. Роль ветра в ночной миграции дроздов

Одним из основных погодных факторов, оказывающих решающее влияние на миграционную активность птиц, является ветер. Анализ синоптической ситуации в юго-восточной Прибалтике показал, что весной в период массовой миграции дроздов доля попутных ЮЗ ветров в разные годы составляла в среднем $43 \pm 15\%$, а доля ветров с попутной компонентой – $72 \pm 12\%$. Осенью попутные СВ ветра были отмечены лишь в $14 \pm 12\%$ ночей, а ветра с попутной компонентой – в $33 \pm 12\%$ ночей (Sinelschikova et al., 2003). Подобная ситуация преобладания ЮЗ ветров весной и З ветров осенью наблюдается на большей части территории западной Европы от северо-восточной Прибалтики до Средиземноморья.

Доминирование попутных ветров весной создаёт исключительно благоприятные условия для миграции воробьиных птиц. Количественные оценки на основе лунных наблюдений весной для периода массовой миграции показывают, что при ветрах с попутной компонентой пролетает около 82% дроздов (рис. 2, а). Половина птиц мигрирует при отклонении направления ветра от строго попутного не более, чем на 33 градуса. Максимальные плотности миграции (более 6000 птиц/ км²ч) весной имели место при отклонении ветра от строго попутного всего на 1–2 градуса.

Осенью только 62% дроздов мигрируют при ветрах с попутной компонентой (рис. 2, б). Медианное значение угла отклонения ветра от строго попутного, при котором проходила миграция, осенью было достоверно больше, чем весной, и составило 60° (по критерию Манна-Уитни $u = 405.3$; $P < 0.001$). В отличие от весны осенью птицы не столь избирательно относятся

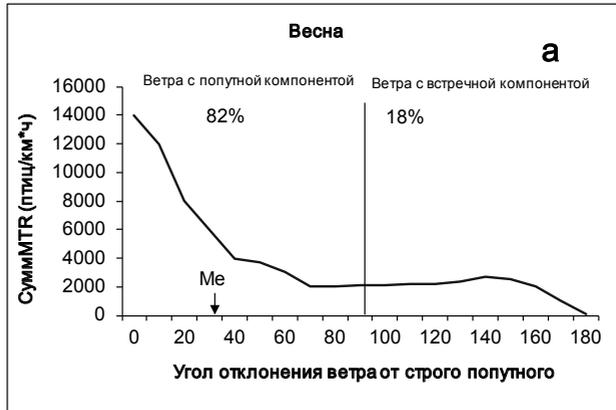
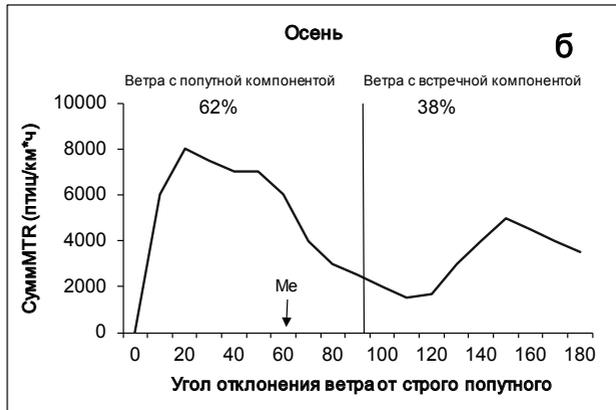


Рис. 2. Распределение плотности ночной миграции дроздов в зависимости от угла отклонения ветра в каждую ночь наблюдений от значения строго попутного (относительно генерального направления миграции): *а* – весной, *б* – осенью. *Me* – медианное значение угла отклонения ветра от строго попутного.



к попутной составляющей ветр, и осенью не обнаружено существенного увеличения интенсивности пролета в ночи со строго попутными ветрами. В ночи наиболее интенсивного пролета (более 4000 птиц/км²ч) угол между строго попутным ветром и наблюдаемым составлял от 40 до 85 градусов при скорости ветра от 3 до 7 м/с.

В оба сезона ночная миграция дроздов имеет волнообразный характер с регулярными чередованиями периодов высокой и низкой численности летящих птиц. Ритмика миграционных волн практически накладывается на периодичность и продолжительность «волн» попутного ветра (рис. 3). Весной в среднем 5.6 ночи длится «волна» попутного ветра – 5.3 ночи миграционная волна (данные сейсмометрического метода); 7 ночей дует встречный ветер – 6.8 ночи длится миграционная пауза. Тем не менее миграционные волны, как правило, на одну ночь опережают наступление попутных ветров.

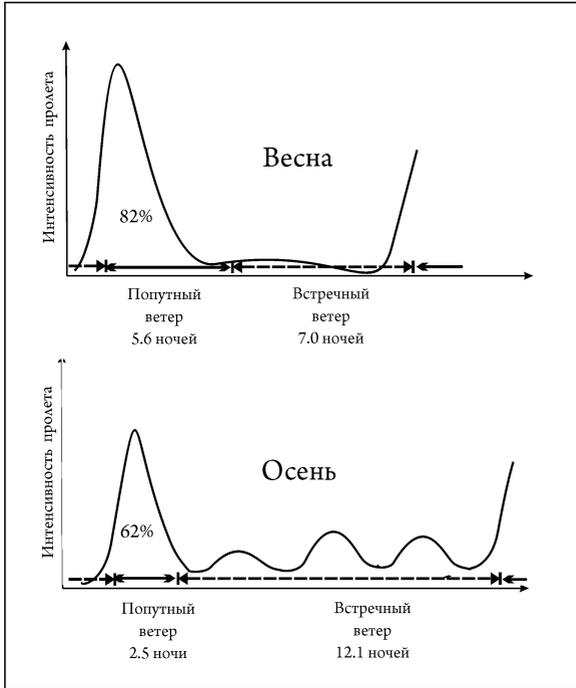


Рис. 3. Схематическое изображение периодов попутных и встречных ветров и наложенных на них волн миграции дроздов. Стрелками отмечена продолжительность периодов попутных и встречных ветров. Волнообразная кривая отражает относительную численность мигрирующих птиц в периоды волн и пауз между ними.

Первое массовое вторжение дроздов в начале миграционной волны происходит при повороте ветра на высотах полета птиц от встречно-бокового к попутно-боковому и попутному, а также при уменьшении облачности. Птицы используют все возможные периоды попутных ветров, и только в эти периоды проходят все волны миграции. Весной численность дроздов в период волн в 10.5 раз выше, чем в паузах. Паузы между волнами миграции дроздов весной характеризуются ветрами встречных направлений в условиях антициклона, а также прохождением холодных фронтов. Иногда период попутного ветра может продолжаться достаточно долго – 6–8 ночей. Во второй половине длительных периодов попутного ветра миграция уже ничтожна, а в конце – вообще отсутствует.

Осенью средняя продолжительность миграционных волн значительно короче, чем весной, и составляет 2.2 ночи – период попутных ветров продолжается 2.5 ночи. Паузы между волнами составляют 1.8 ночи (рис. 3), однако периоды неблагоприятных для миграции встречных ветров осенью исключительно велики и могут длиться до 12 ночей подряд. Более слабые миграционные волны наблюдаются также и в эти периоды при ослаблении скорости ветра. Волны миграции осенью развиваются как при ветрах по-

путных направлений, так и (в отличие от весны) при снижении скорости встречных ветров. Численность летящих дроздов в период волн миграции в среднем в 5 раз выше, чем в паузах.

Данные лунных наблюдений для последовательных ночей в период массовой миграции весной также показали, что численность летящих дроздов минимальна в период устойчивых встречных ветров (550–580 птиц/км•ч). Она возрастала в 4.5 раза в условиях перехода от встречного ветра к попутному (2610 птиц/км•ч), т.е. в последнюю ночь встречного ветра и в 7.5–10.3 раза – в первую ночь попутного ветра (4130–5950 птиц/км•ч). В последующие ночи, даже в условиях продолжающихся попутных ветров, численность летящих дроздов снижается.

Осенью на Куршской косе численность летящих дроздов за ночь максимальна при попутных СВ ветрах (7700 птиц/км•ч). Численность снижается в 1.9 раза при боковых СЗ и ЮВ ветрах и в 4.9 раза при встречных ЮЗ ветрах и составляет 4100 и 1600 птиц/км•ч соответственно. Минимальное число дроздов мигрирует при скоростях встречных ветров на средних высотах полета (500 м) более 10 м/с, в среднем в апреле – всего 340 птиц/км•ч. В оба сезона сильные встречные ветра скоростью более 20 м/с полностью блокируют миграцию.

Полученные результаты показали, что в оба сезона динамическая картина интенсивности миграции дроздов модулируется ветровыми условиями. Сезонные ветровые особенности региона во многом определяют различия стратегии полета дроздов во время весенней и осенней миграции. Весной полёт в условиях доминирующих умеренных попутных ветров позволяет птицам почти вдвое увеличить скорость перемещения по трассе при минимальных энергетических затратах на полет. Выбор дроздами попутных ветров, практически совпадающих с генеральным курсом миграции, предполагает, что весной птицы стремятся не отклоняться от цели миграции. Осенью небольшая повторяемость ветров с попутной компонентой не позволяет дроздам регулярно использовать их преимущество. Птицы вынуждены периодически мигрировать при ветрах боковых и встречных направлений, используя для полета ночи с низкими скоростями ветра.

Полученные нами данные позволяют предполагать, что весной основной стратегией миграции является продолжительный полет в условиях попутных ветров с последующими достаточно непродолжительными остановками. Осенью продолжительность ночного полета дроздов в условиях встречных ветров значительно меньше, чем при попутных. На наш взгляд, осенью дрозды могут использовать две стратегии миграции: 1) продолжительный полет ночью при попутных ветрах с последующими продолжительными остановками и 2) непродолжительный полет ночью в условиях слабых встречных ветров с последующими более короткими остановками (Baushev, Sinelschikova, 2007).

Глава 7. Направление ночной миграции

Представление о направлении миграции дроздов складывается на основе традиционного кольцевания, визуальных и оптических наблюдений – лунного метода, сейлометрических наблюдений, наблюдений в вертикально направленный бинокль и использования электронно-оптической системы.

По данным лунных наблюдений для ночей с высокой численностью летящих птиц генеральное направление весенней миграции дроздов при слабых ветрах скоростью до 3 м/с составило 044° ($r = 0.99$). Среднее направление весеннего пролета при всех ветрах – 042° ($r = 0.94$). Однако по суммарным данным возвратов кольцевания дроздов четырех видов, окольцованных на Куршской косе и найденных к северу от нее, среднее направление весенней миграции оказалось 029° ($r=0.96$). Такое же направление у пролетающих ночью дроздов (в среднем 026°) было обнаружено лунным методом в районе Финского залива (800 км на северо-восток) (Bolshakov et.al., 2002).

Осенью по данным наблюдений лунным методом и электронно-оптической системы, генеральный курс миграции дроздов составил в среднем 218° ($r = 0.97$), а средний курс – 222° ($r = 0.91$). По суммарным данным возвратов колец всех видов дроздов, найденных через 21 день после кольцевания на Куршской косе, средний азимут составил 224° ($r = 0.98$). Это достоверно не отличалось от распределения птиц, найденных в год кольцевания до 1 декабря 222° ($r = 0.98$) (критерий Уотсона–Уильямса $F = 1.32$; $n1 = 28$, $n2 = 115$; $P > 0.05$). Межвидовых различий в распределении направлений возвратов четырех видов дроздов, мигрирующих в сторону зимовок, не обнаружено.

Анализ наших и литературных данных наблюдений пролета и кольцевания дроздов дает некоторое представление о направленности их миграции в Прибалтийском регионе. По всей видимости весной дрозды из популяций, гнездящихся в Финляндии и Карелии, огибают Балтийское море (в частности, с востока) и изменяют при этом направление с СВ (044°) в южной части восточной Прибалтики на ССВ (026°) в более северной ее части. Летом часть дроздов из северо-западной части России (в основном молодые птицы) совершают летние миграции в северном направлении (Большаков, Резвый, 1975, 1981). В районе Финского залива среднее направление летних ночных перемещений ССЗ – 353° . Анализ находок колец финских дроздов разных видов, окольцованных на гнездах, показал, что большинство молодых птиц смещается также на северо-запад (Huttunen, 2007). Осенью пролетные пути дроздов, мигрирующих через восточную Прибалтику, выглядят сложнее, чем весной. Дрозды из северной и северо-восточной Прибалтики могут мигрировать к местам зимовок в юго-западной Европе либо через восточную Прибалтику, либо (после летних перемещений в северо-западном направлении) через Скандинавию (т.е. западную Прибалтику).

Мы установили, что на Куршской косе в период весенней и осенней миграции (даже когда осенью большинство птиц в потоке составляют молодые особи) дрозды способны компенсировать боковое смещение ветром во время ночного миграционного полета (Синельщикова, 2012; Синельщикова, Воротков, 2014; Sinelschikova, Vorotkov, 2013). Весной и осенью дрозды практически полностью компенсируют дрейф от слабых ветров с попутной компонентой, отклоняясь от генерального направления не более, чем на 3–5°. В оба сезона дрозды примерно в равной степени компенсируют отклоняющее влияние боковой компоненты умеренных попутных ветров (до 8 м/с): весной – на 85–88%, осенью на 80–86%. При умеренных встречных и встречно-боковых ветрах дрозды компенсируют в среднем 60–70% ожидаемого дрейфа весной и 64–72% – осенью.

Глава 8. Скорость ночного миграционного полета певчего дрозда

Скорость полета относительно земли, а также скорость полета относительно воздуха являются базовыми динамическими характеристиками полета птиц. На основе этих показателей складываются наши представления о времени и энергии, которые необходимы птицам для совершения сезонных миграций (Hedenström, Ålerstam, 1995; Ålerstam, Hedenström, 1998). Поскольку миграция происходит не только при попутных, но и при боковых и даже встречных ветрах, предполагается, что у птиц существуют определенные поведенческие и физиологические адаптации, позволяющие им оптимизировать временные и энергетические затраты во время миграции при разных ветровых условиях, в частности за счет вариации воздушной скорости (Liechti, 1995).

Во время осенней миграции певчие дрозды летят с воздушной скоростью в диапазоне от 11 до 18 м/с при среднем значении 14.2 м/с ($SD = 3.1$; $n = 963$). Учитывая, что основная масса дроздов пролетает с попутными ветрами, медианное значение скорости полета относительно земли составило 17.6 м/с (Воротков, Синельщикова, 2014; Sinelschikova et al., 2009).

Контроль воздушной скорости миграционного полета воробьиных птиц осуществляется за счет ряда кинематических параметров, в первую очередь – за счет частоты взмахов и продолжительности пауз между циклами взмахов (Norberg, 1990; Videler, 2005). Зависимости воздушной скорости от физиологической частоты взмахов (рассчитанной для циклов непрерывных взмахов без учета пауз между циклами) обнаружено не было. Это – достаточно мало изменчивая характеристика (Воротков, Синельщикова, 2014), являющаяся производной массы тела, геометрии крыла и плотности воздуха (Rayner, 1985). По нашим оценкам у певчего дрозда ее среднее значение составляет 10.2 Гц ($SD = 1.32$, $n = 963$ птиц). В отличие от физиологической частоты увеличение эффективной частоты взмахов (рассчитанной с учетом как циклов взмахов, так и пауз между ними) вызывает увеличение воздуш-

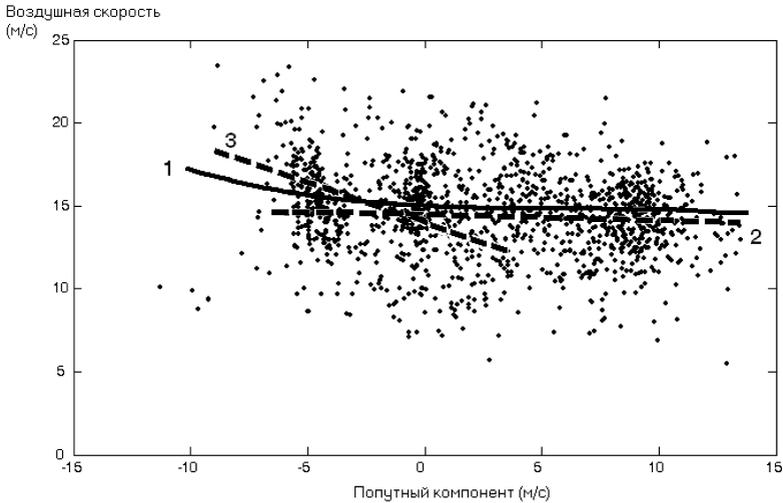


Рис. 4. Зависимость воздушной скорости певчих дроздов от скорости ветра с учетом его направления (попутного компонента). Результаты регрессионного анализа: *линия 1* – воздушная скорость при всех значениях попутного компонента: $R^2 = 0.21$, $F = 11.3$, $n = 963$, $P = 0.0002$; *линия 2* – воздушная скорость при попутных ветрах: $R^2 = 0.12$; $F = 7.4$; $n = 667$, $P = 0.0061$; *линия 3* – воздушная скорость при встречных ветрах: $R^2 = 0.08$, $F = 21.2$, $n = 296$, $P < 0.0001$.

ной скорости, в первую очередь – за счет продолжительности инерционной фазы полета (результаты регрессионного анализа: $R^2 = 0.14$; $F = 8,58$; $n = 751$; $P = 0.0035$). Продолжительность пауз имеет большую вариацию при среднем значении этого показателя 0.26 с ($SD = 0.11$, $n = 902$). Чем короче пауза между циклами взмахов крыльев, тем с большей воздушной скоростью летели птицы.

Наши данные показали, что мигрирующие ночью дрозды способны оценивать и регулировать скорость полета относительно земли в зависимости от направления и скорости ветра. Это происходит за счет вариации воздушной скорости птицы. При увеличении скорости попутных ветров птицы замедляют свою воздушную скорость, а при увеличении скорости ветров со встречной компонентой, наоборот, увеличивают воздушную скорость (Воротков, Синельщикова, 2014; Sinelschikova et al., 2009) (рис. 4).

В чем заключается адаптивное значение ветровой зависимости воздушной скорости птиц? Согласно теории оптимальной миграции (Alerstam, Lindström, 1990; Alerstam, Hedensgröm, 1998), основной миграционной стратегией осенью является минимизация общей энергетической стоимости полета. При этом оптимальной воздушной скоростью полета будет являться

скорость $V_{\text{тг}}$ (скорость полета, при которой на единицу пройденного расстояния птица затрачивает минимальное количество энергии). Скорость $V_{\text{тг}}$ является ветрозависимой величиной. Для поддержания максимальной эффективности транспорта накопленных энергетических запасов $V_{\text{тг}}$ должна увеличиваться относительно своего значения при штиле с увеличением скорости встречных ветров, а при попутных ветрах – уменьшаться. Аналогичным образом в зависимости от направления и скорости ветра изменяется воздушная скорость птиц. Таким образом, это свидетельствует о том, что мигрирующие осенью дрозды стремятся поддерживать свою воздушную скорость в соответствии с наиболее экономичной скоростью полета при разных ветрах и минимизировать общую энергетическую стоимость полета вне зависимости от ветра.

Выводы

1. Определены сроки сезонных миграций дроздов в юго-восточной Прибалтике. Весенняя ночная миграция продолжается со 2-ой декады марта до 2-ой декады мая. Во 2-ой декаде апреля пролетает 55% дроздов при интенсивности пролета 282 000 птиц через фронт 1 км в течение 10 ночей. Осенняя миграция проходит со 2-ой декады августа до 1-ой декады ноября. В 3-ей декаде сентября и 1-ой декаде октября пролетает 60% дроздов при интенсивности пролета около 115 000 птиц/км • 10 ночей. В оба сезона белобровик и певчий дрозд по численности составляют 90% всех мигрирующих ночью видов дроздов.

2. Выявлены долговременные изменения сроков весенней миграции на более ранние календарные даты у певчего дрозда и белобровика. Эти изменения обусловлены увеличением повторяемости попутных ЮЗ ветров в марте и апреле на всём протяжении миграционной трассы дроздов от Франции до Прибалтики, а также повышением температур воздуха в районе зимовки и на центрально-европейском участке трассы миграции.

3. Ритмика миграционных волн соответствует периодичности и продолжительности периодов попутного ветра. Весной 5.6 ночи длилась «волна» попутного ветра и 5.3 ночи – миграционная волна; 7 ночей дул встречный ветер, и 6.8 ночи длилась миграционная пауза. Миграционные волны весной развивались при повороте ветра от встречного к попутно-боковому и попутному. Осенью средняя продолжительность миграционных волн составляла 2.2 ночи, период попутных ветров – 2.5 ночи. Паузы между волнами составляли 1.8 ночи. Периоды встречных ветров осенью длятся до 12 ночей. Волны миграции осенью развивались как при ветрах попутных направлений, так и (в отличие от весны) при снижении скорости встречных ветров.

4. Весной 82% дроздов пролетали при ветрах с попутной компонентой. Максимальные плотности миграции (более 6000 птиц/км•ч) весной наблюдали при строго попутных ветрах относительно генерального направления

миграции. Осенью только 62% дроздов мигрировали в условиях ветров попутных направлений. В ночи массового пролета (более 4000 птиц/км•ч) угол между строго попутным ветром и наблюдаемым составлял от 40° до 85°.

5. Весной и осенью период взлетной активности у разных видов дроздов растянут на 8–11ч. Весной среднее время старта дроздов (*Turdus* spp.) составило 191 мин после захода солнца. Осенью белобровики и черные дрозды начинали ночной полет соответственно через 250 мин и 386 мин после захода солнца, а певчие дрозды, мигрирующие в условиях менее продолжительной ночи, через – 172 мин. Хотя дрозды прекращали полет в течение всей ночи, 58% птиц весной и 60% осенью садятся в последние два часа ночи.

6. Во время весенней миграции дрозды из популяций, гнездящихся в Финляндии и на северо-западе России, избегают прямого массового пересечения Балтийского моря. Придерживаясь восточного побережья Балтики, дрозды меняют генеральное направление пролета с СВ в юго-восточной Прибалтике (044°) на ССВ в районе Финского залива. Осенью дрозды из северной и северо-восточной Прибалтики могут мигрировать к местам зимовок в юго-западной Европе двумя путями: 1) через восточную Прибалтику (поддерживая направление 218°), 2) через Скандинавию, предварительно совершив летние перемещения в северо-западном направлении.

7. Во время осенней миграции певчие дрозды придерживаются стратегии минимизации общей энергетической стоимости полета и поддерживают наиболее экономичную воздушную скорость полета. Птицы варьируют значения воздушной скорости в зависимости от ветра. При увеличении скорости попутных ветров дрозды замедляли воздушную скорость относительно значения при штиле (14.2 м/с), а при увеличении скорости ветров со встречной компонентой увеличивали воздушную скорость.

8. Установлено, что регуляция воздушной скорости дроздов осуществляется за счет вариации эффективной частоты взмахов (рассчитанной с учетом циклов взмахов и пауз между ними) и, в первую очередь, за счет продолжительности инерционной фазы полета. Физиологическая частота взмахов (в пределах циклов непрерывных взмахов) – достаточно консервативная характеристика (среднее значение – 10.2 Гц) и фактором регуляции воздушной скорости не является.

Список работ по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. *Baushev A.N., Sinelschikova A.* On a probabilistic model for the numerical estimation of the nocturnal migration of birds // *Mathematical Biosciences*. 2007. Vol. 205. P. 44–58.
2. *Sinelschikova A., Kosarev V., Panov I., Baushev A.N.* The influence of wind conditions on Europe on the advance in timing of spring migration of the Song

Thrush (*Turdus philomelos*) in the south-east Baltic region // Int. Journal of Biometeorology. 2007. Vol. 51 № 5. P. 431–440.

3. Vorotkov M., **Sinelschikova A.**, Griffiths M. Optical Matrix Device: Technical aspects of a new tool for the detection and recording of small nocturnal aerial targets // The Journal of Navigation. 2009. Vol. 62. P. 1–9.
4. Воротков М.В., **Синельщикова А.Ю.** Скорость полета певчего дрозда (*Turdus philomelos*) во время осенней ночной миграции // Труды Зоологического института РАН. 2014. Т. 318. №1. С. 12–23.

Публикации в других изданиях

5. Bolshakov C.V., Zehindjiev P., Bulyuk V.N., **Sinelschikova A.** Flight directions and density of nocturnal passerine migration in the northern part of the Balkan Peninsula in autumn: preliminary results // Avian Ecology and Behaviour. 1998. Vol.1. P. 50–67.
6. Bolshakov C.V., Bulyuk V.N., **Sinelschikova A.** Study of nocturnal departures in small passerine migrants: retrapping of ringed birds in high mist-nets // Die Vogelwarte. 2000. Vol.40. P.250–257.
7. **Sinelschikova A.**, Sokolov L.V. Long-term monitoring of the timing of migration in thrushes (*Turdus philomelos*, *T. iliacus*) in the Eastern Baltic. // Avian Ecology and Behaviour. 2004. Vol.12. P. 11–30.
8. Bolshakov C.V., Vorotkov M.V., **Sinelschikova A.**, Bulyuk V.N., Griffiths M. Application of the Optical-Electronic Device for the study of specific aspects of nocturnal passerine migration. // Avian Ecology and Behaviour. 2010. Vol. 18. P. 23–51.
9. Bolshakov C.V., Bulyuk V.N., **Sinelschikova A.Y.**, Vorotkov M.V. Influence of the vertical light beam on numbers and flight trajectories of night-migrating songbirds // Avian Ecology and Behaviour. 2013. Vol. 24. P. 35–49.
10. Bulyuk V.N., Bolshakov C.V., **Sinelschikova A.Y.**, Vorotkov M.V. Does the reaction of nocturnally migrating songbirds to the local light source depend on backlighting of the sky? // Avian Ecology and Behaviour. 2014. Vol. 25. P. 21–26.

Тезисы докладов

11. Bolshakov C., Bulyuk V., **Sinelschikova A.** Flight initiation of nocturnal passerine migrants from stopover site: the method of ringed birds and its possibilities // Int. Confer. 'Bird Ringing 100 Years', Helgoland. Programme and Abstracts. 1999. P. 27.
12. **Sinelschikova A.**, Bolshakov C. V., Bulyuk V. Nocturnal migration of thrushes (*Turdus* spp.): numbers aloft and wind // Die Vogelwarte. Half 1–2. 4th Conference of the EOU. 2003. P. 100.
13. **Большаков К.В.**, **Синельщикова А.Ю.**, **Воротков М.В.** Электронно-оптическая система регистрации мигрирующих ночью птиц // РСИ миграций и миграционных стоянок на северо-западе России / Под ред. Г.А. Носкова и А.Р. Гагинской. Санкт-Петербург. 2008. С. 34.

14. **Sinelschikova A., Vorotkov M., Bulyuk V., Bolshakov C.V., Griffiths M.E.** Electronic-optical system and its application for the study of nocturnal migration of birds // Abstracts of the 7th Conference of the European Ornithologists' Union (21–26 August 2009, University of Zurich, Switzerland). 2009. P. 78.
15. **Большаков К.В., Синельщикова А.Ю., Воротков М.В., Булюк В.Н.** Межвидовая и внутривидовая изменчивость скорости полета у мигрирующих ночью воробьиных птиц // Орнитология в Северной Евразии. Материалы XIII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. Оренбург. 2010. С. 66–67.
16. **Большаков К.В., Булюк В.Н., Синельщикова А.Ю., Воротков М.В.** Реакция мигрирующих ночью воробьиных на искусственный белый свет // Тезисы V Всероссийской конференции по поведению животных (Москва, 20–23 ноября 2012 г.). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. С. 18.
17. **Воротков М.В., Синельщикова А.Ю.** Влияние фазы лунного цикла на интенсивность ночной миграции дроздов // Тезисы V Всероссийской конференции по поведению животных (Москва, 20–23 ноября 2012 г.). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. С. 37.
18. **Синельщикова А.Ю.** Компенсация ветрового дрейфа у дроздов во время ночного миграционного полета // Тезисы V Всероссийской конференции по поведению животных (Москва, 20–23 ноября 2012 г.). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. С. 169.
19. **Sinelschikova A., Vorotkov M.** Compensation for wind drift by thrushes during autumn nocturnal migratory flight // Programme & Abstracts. 9th Conference of the European Ornithologists' Union (Norwich 27–31 August 2013 University of East Anglia). RSPB Norwich, UK. 2013. P. 212.
20. **Синельщикова А.Ю., Воротков М.В.** Использование ландшафтных структур для компенсации ветрового дрейфа у дроздов во время ночного миграционного полета // Тезисы научной конференции «Ориентация и навигация животных». Москва, 13–16 окт. 2014. С. 53.