

А. В. Мацюра

**ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАК ФАКТОРЫ,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬ НОЧНОЙ МИГРАЦИИ
И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПТИЦ**

О. В. Мацюра

Мелітопольський державний педагогічний університет

**ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯК ФАКТОРИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ІНТЕНСИВНІСТЬ
НІЧНОЇ МІГРАЦІЇ І ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ ПТАХІВ**

Визначено час початку, завершення і максимальної інтенсивності нічного міграційного потоку птахів у добовому діапазоні часу. Найвищий коефіцієнт кореляції, як для весняного, так і для осіннього періодів, був установлений між усередненим часом початку міграції і часом цивільних сутінків. Інтервал між часом початку і часом найвищої концентрації нічних мігруючих птахів складає в середньому близько 70 хв. для весни і осені. Нічна міграція завершується приблизно через півтори–дві години після сходу Сонця. Значення часу початку, максимальної інтенсивності і кінця нічної міграції визначаються фотоперіодичними чинниками.

Ключові слова: міграція, птахи, радар, часові характеристики.

A. V. Matsyura

Melitopol State Pedagogical University

**TEMPORAL CHARACTERISTICS AS THE FACTORS, WHICH DETERMINE INTENSITY
AND SPECIFIC DIVERSITY OF THE NIGHT BIRD MIGRATION**

The purpose of the research was to find a time frame for the beginning, duration of maximum intensity, and end of nocturnal bird migration. Examination of the average length of daylight at the beginning of migration and the onset of civil twilight yielded a high correlation factor for both spring and autumn. The time elapsing between the onset of migration and the maximum concentration of migratory birds averaged about 70 minutes in both spring and autumn. Nocturnal migration usually came to an end within the one and a half to two hours after sunrise. The average times of the beginning, maximum intensity and end of nocturnal migration were found to be related to photoperiodic factors.

Keywords: migration, birds, radar, time features.

Інтенсивність міграційних потоків, наряду с видовим різноманіттям птахів, приймаючих участь в міграції, являються важливими екологічними характеристиками. Дані величини знаходяться в тісній взаємозв'язку з атмосферними умовами, станом кормової бази на місцях відпочинку вздовж пролітних шляхів і фізіологічними особливостями птахів в преміграційний період.

Видове різноманіття мігруючих птахів і інтенсивність міграційних переміщень змінюються не тільки в просторі, але і в часі. Визначення залежностей між характером міграції і часовими параметрами являлось задачею нашого дослідження.

Проблемі вивчення часових внутрішньодобових міграційних характеристик присвячено значительне количество работ (табл. 1).

Некоторые исследователи приводят данные временных характеристик миграции по результатам визуальных наблюдений, которые в вечернее и ночное время не могут обладать высокой точностью. К тому же применявшиеся в исследованиях неспециализированные радиолокаторы имели существенные ограничения по дальности наблюдения или по возможностям определения высоты радиозахвата от птиц.

Таблица 1

Временные характеристики ночной миграции птиц по данным различных исследователей (часть данных таблицы взята из Richardson, 1978)

Исследователь	Начало ночной миграции	Пик ночной миграции	Способ исследования
1	2	3	4
Lowery (1951)	Нет данных	22.00–24.00	На фоне диска Луны
Lack (1960, 1963)	Вскоре после захода Солнца	21.00–22.00	Радар
Lack (1960, 1963)**	2 часа перед заходом Солнца	Нет данных	–/–
Graber and Hassler (1962)	Нет данных	23.00–01.00	–/–
Drury and Keith (1962), Lack (1962, 1963), Lee (1963), Evans (1968), Richardson (1972, 1979), Grimes (1974)**	Почти 2 часа перед заходом Солнца	Нет данных	–/–
Nisbet (1963)	Нет данных	2,5–4 часа после захода Солнца	–/–
Hassler et al (1963)	В зависимости от ветра	В зависимости от ветра	–/–
Drury and Nisbet (1964)	45 мин после захода Солнца	Нет данных	–/–
Swinebroad (1964), Casement (1966), Evans (1968), Grimes (1964), Richardson (1979)**	Спустя полчаса–час после захода Солнца	Нет данных	–/–
Casement (1966)	40–50 мин после захода Солнца		–/–
Bellrose (1967)	18.00–19.00	22.00–01.00	–/–
Rabol (1967), Bingman (1980), Hall & Bell (1981)	1–1,5 часа после захода Солнца	Нет данных	Визуальные наблюдения
Graber (1968)	Нет данных	21.00–24.00	Радар
Parslow (1968)	38–39 мин после захода Солнца		–/–
Flock and Bellrose (1970)***	Нет данных	От заката до полуночи	–/–
Herbard (1971), Richardson (1971, 1972)	40–45 мин после захода Солнца	Нет данных	Визуальные наблюдения с сейсмометром
Alerstam (1972)*	18.45–19.00	После 24.00	Радар
Alerstam (1972)**	Нет данных	18.45–19.00	–/–
Alerstam (1972)***	Нет данных	18.45–21.00	–/–
Gauthreaux (1972)	30–45 мин после захода Солнца	1,5–2,5 часа после захода Солнца	–/–
Blokpoel and Burton (1975)	После наступления темноты	21.00–24.00	–/–
Alerstam (1976)	Через 32 мин после захода Солнца	Через 2 часа после начала миграции	–/–

1	2	3	4
Beaston (1978)***	Нет данных	22.00-24.00	-//-
Richardson (1978)	28±5 мин после захода Солнца	Нет данных	-//-
Bruderer (1995) (для пустыни Арава и Негев)	Полчаса–час после захода Солнца	1–2 часа после захода Солнца. (20.00–22.00)	-//-
Alfia (1995) – Израиль, Ben Gurion	20.00	21–22.00	-//-
Richardson (2000)	Полчаса–час после захода Солнца	Нет данных	-//-

* Для крапивника, славок, корольков, зарянок и дроздов.

** Для куликов.

*** Для водоплавающих птиц.

Временные характеристики миграции зависят от региональных особенностей местности, погоды и климата и поэтому данные, полученные в единственном специфическом месте, могут отличаться от аналогичных данных любого другого региона. Ряд авторов указывает точное время начала миграции независимо от месяца весны или осени. Некоторые исследователи привязывают его ко времени захода Солнца, другие указывают на начало ночной миграции до захода Солнца либо после захода Солнца. Причём разность времени между данными одних и данными других достигает около трёх часов. Наблюдения, проведенные в Израиле при помощи радиолокатора МРЛ–5, показывают, что все три временные характеристики миграции имеют значительную суточную и месячную изменчивость.

Поэтому задача установить временные характеристики миграции птиц остаётся актуальной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данное исследование базировалось на анализе радиолокационных экспериментальных данных об изменении интенсивности ночной миграции птиц в суточном диапазоне времени, полученных при помощи специального метеорологического радиолокатора МРЛ–5 в течение 1999–2001 гг. Технические характеристики использованного в нашем исследовании радиолокатора МРЛ–5 приведены в работе *Dinevich L. и Kaplan L. «Radar observation of bird migration»* (2000).

В качестве суточных временных параметров в данном исследовании выбраны характеристики времени суток, которые приняты в астрономии и приводятся в астрономическом календаре, а именно: время захода Солнца, время наступления гражданских сумерек, время наступления ночи и время восхода Солнца. В качестве временных радиолокационных параметров миграции определялись:

- момент вечернего времени, когда на экране радиолокатора появлялось заметное число не хаотично ориентированных радиоэхо в виде треков (полосок), образуемыхдвигающимися птицами;
- момент ночного времени с максимальным количеством радиоэхо в виде вышеуказанных треков;
- момент времени, когда этих радиоэхо становилось очень мало, а их ориентация становилась хаотичной.

Получение трековых, вместо точечных, радиоэхо от птиц осуществлялось простым способом. С этой целью объектив фотоаппарата, снимающего экран радиолокатора, оставался открытым в течение заданного (3 мин) промежутка времени. Развёртка радиолокатора в это время вращалась со скоростью 6 оборотов в минуту. Точечное радиоэхо от движущейся птицы успевало переместиться на экране 18 раз.

Поскольку скорость движущейся птицы относительно скорости вращения антенны и соответственно относительно скорости вращения развёртки на экране невелика, двигающееся точечное радиоэхо образовывало линию, которую мы назвали треком. Приём, позволивший получить треки радиоэхо от птиц, есть не что иное, как упрощённый алгоритм селекции радиоэхо от птиц на фоне других отражателей.

Съёмки экрана радиолокатора перед заходом Солнца выполнялись с периодичностью 10 минут с последовательным подъёмом угла места антенны от 0 до 5–6 градусов через 1,5 градуса. Подъём антенны выполнялся через ступень, равную ширине её диаграммы для длины волны 10 см. В более позднее ночное время эти съёмки проводились по той же технологии, но с промежутком 30 мин, а после прохождения пикового периода – через час. Ряд экспериментов проводили всю ночь до 7.00 утра.

В качестве экспериментальных единиц исследования выбраны данные о времени начала миграции t_1 , времени максимальной интенсивности миграции t_2 и времени завершения миграции t_3 в суточном диапазоне времени.

Время начала (старта) миграции t_1

Радиолокационная станция МРЛ-5 по своим техническим характеристикам способна регистрировать все изменения количества радиолокационных сигналов от птиц, в том числе их распределение по высоте в дневное и ночное время независимо от состояния погоды (Dinevich, Kaplan, 2000; Dinevich et al., 2000). За начало ночной миграции нами выбрано время, когда на экране радиолокатора радиоэхо от птиц в радиусе обзора (для ночного времени 30 км) приобретало вид треков, направленных в относительно близком направлении. Весной это направление для данного региона – на север, а осенью – на юг. Интенсивность пролета птиц на экране радара в этот момент составляла не более 1–2 балла по восьмибалльной шкале заполненности экрана (Richardson, Gunn, 1971), а затем быстро возрастала.

Время максимальной (пиковой) интенсивности миграции t_2

За время максимальной интенсивности миграции принято время, когда количество полос радиоэхо от птиц достигало максимума.

Время завершения миграции t_3

За время завершения миграции принято время, когда число полос радиоэхо от птиц уменьшалось до минимума, а их ориентация в пространстве становилась хаотичной.

В процессе анализа было обработано около 10000 фотографий (почти 630 дней наблюдений), кроме того, проводились постоянные визуальные наблюдения за экраном радиолокатора с постоянной фиксацией информации в специальном журнале. Для анализа первых двух характеристик t_1 и t_2 использованы длинные ряды данных, собранные весной и осенью 1999–2001 гг. Параметр t_3 не имеет столь длинного ряда. Он измерялся лишь выборочно в течение 33 дней двух неполных осенних месяцев 2001 г., и его оценки носят лишь предварительный характер.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Время начала ночной миграции

На рис. 1 представлено изменение времени начала ночной миграции весной и осенью 1999, 2000 и 2001 гг. Здесь же отображены кривые времени начала гражданских сумерек, времени начала ночи и времени захода Солнца. На оси абсцисс отображены дни наблюдений за весенний и осенний периоды (формат: день – месяц), по оси ординат – время суток (местное время).

Графики времени начала ночной миграции показывают, что этот параметр очень изменчив, отдельные пиковые отклонения его в соседние дни достигают 2,5 часа.

Тем не менее кривая, полученная осреднением этой характеристики, хорошо согласуется с кривой изменения времени наступления гражданских сумерек.

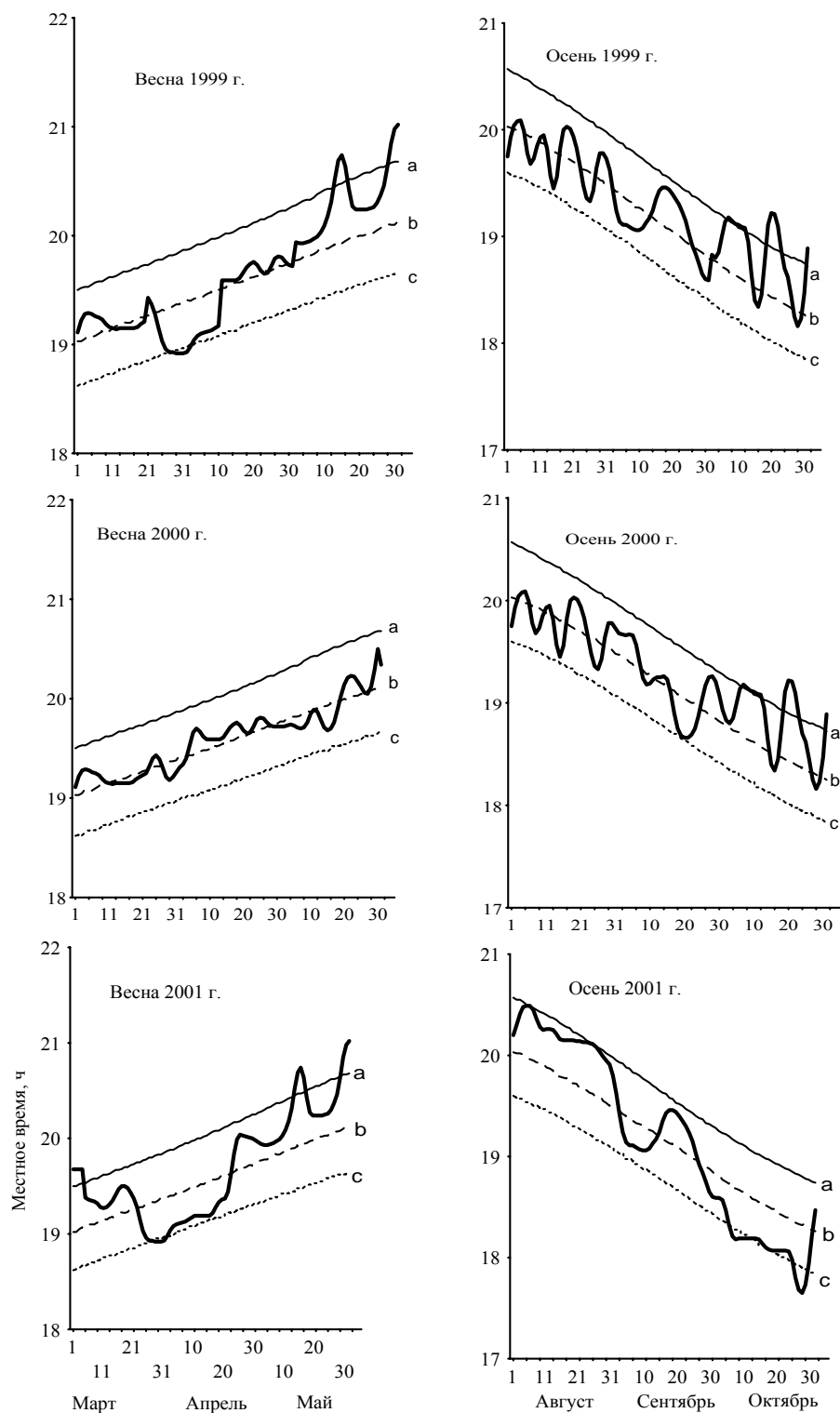


Рис. 1. Время начала ночной миграции (местное время) по отношению к времени ночи (a), гражданских сумерек (b) и заходу Солнца (c) весной и осенью 1999–2001 гг. Сглаженные кривые получены методом скользящего среднего

В табл. 2 представлены коэффициенты корреляции между средним временем начала ночной миграции и тремя wybranными астрономическими характеристиками.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа (r^*) временных характеристик ночной миграции и астрономических показателей, используемых в исследовании

Время захода солнца				Время гражданских сумерек				Время наступления ночи			
1999 г.	2000 г.	2001 г.	Среднее	1999 г.	2000 г.	2001 г.	Среднее	1999 г.	2000 г.	2001 г.	Среднее
Время начала											
0,83	0,78	0,82	0,81	0,84	0,79	0,90	0,85	0,84	0,78	0,87	0,83
Время максимума											
0,74	0,72	0,80	0,75	0,74	0,71	0,85	0,77	0,75	0,71	0,84	0,77

* Значения коэффициентов корреляции Пирсона, все значимы при $\alpha < 0,001$ (тест Вилкоксона).

Изменчивость выбранных астрономических параметров времени характеризуется практически параллельными кривыми, расположенными на разном временном удалении от кривой осреднённого времени ночной миграции. При этом наиболее близко расположены кривые изменения среднего времени начала ночной миграции и времени начала гражданских сумерек.

Анализ экспериментальных данных показал, что существует определенная закономерность в распределении осреднённого времени старта миграции. Чем позже весной заходит Солнце, тем позже начинается старт ночной миграции и, наоборот, чем раньше осенью заходит Солнце, тем раньше начинается ночная миграция.

Корреляционные соотношения между осреднённым временем старта миграции и временем захода солнца, наступления гражданских сумерек и ночи показывают хорошую связь этих параметров (табл. 2), что, в свою очередь, говорит о том, что главным фактором начала ночной миграции является фотопериодический – длина светового дня. Фактически ночная миграция начинается с момента наступления темноты и существует сезонный сдвиг этого времени.

Этот сдвиг хорошо совпадает с аналогичным сдвигом времени наступления гражданских сумерек. Замечено также, что примерно за полчаса до наступления времени захода солнца обычные дневные полёты птиц почти прекращаются и возобновляются лишь с началом ночной миграции. Тем не менее значительные повседневные отклонения от выявленных средних закономерностей связаны с некоторыми другими причинными факторами, природу которых предстоит ещё выяснить.

На качественном уровне замечено, что флуктуации времени начала ночной миграции в значительной степени связаны с состоянием погоды (наличием дождя, сильного ветра, плотной облачности и т. д.), однако её состояние не является единственным фактором.

Таким образом, за индикаторную величину времени начала ночной миграции для данного региона мы выбрали время наступления гражданских сумерек.

Время максимальной интенсивности ночной миграции

Наряду с моментом старта ночной миграции мы также фиксировали время ее максимальной интенсивности (пик ночной миграции). Характер изменения данной величины соответствует характеру изменения времени начала ночной миграции (рис. 2).

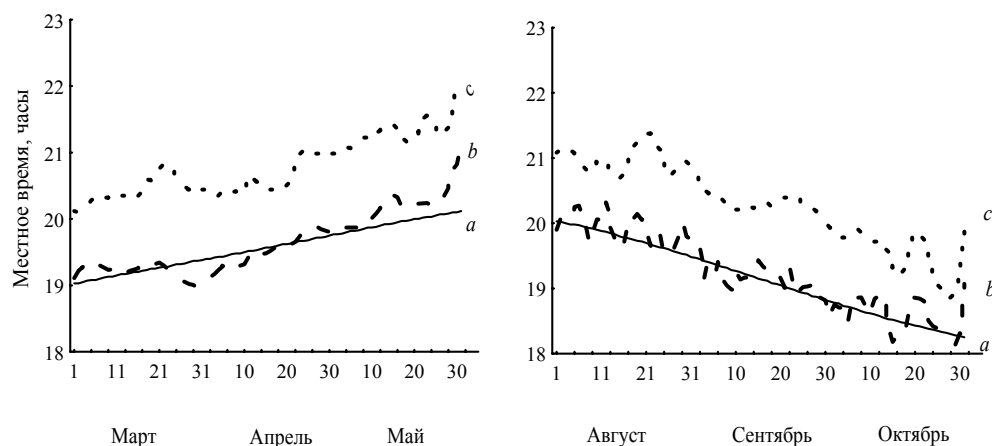


Рис. 2. Время начала – сглаженная кривая (a) и максимума интенсивности (b) ночной миграции птиц по отношению к времени гражданских сумерек (c), 1999–2001 гг.

Разница между временем начала миграции и временем его максимальной интенсивности составила в среднем около 70 минут весной и осенью (табл. 3).

Таблица 3

Временные характеристики ночной миграции и астрономические параметры, данные за 1999–2001 гг.

Характеристика	Весна		Осень	
	Среднее	min–max	Среднее	min–max
Старт миграции, С	19.44	18.40–22.08	19.10	17.35–20.52
Пик миграции, П	20.51	19.54–22.21	20.17	18.27–22.04
Разность между С и П, мин	68	13–119	67	31–116
Разность между С и временем гражданских сумерек, мин	8	44–129	5	44–60

Среднее время начала ночной миграции почти совпадает со временем гражданских сумерек, и величина варьирует от 19.20 в начале весны до 21.00 в конце весны и, наоборот, уменьшается от 20.00 в начале осени к 18.20 в конце осени. Значение изменений времени начала ночной миграции отличается более выраженной стабильностью относительно времени наступления гражданских сумерек. Например, факторы корреляции между временем гражданских сумерек и осредненными значениями времени начала и пиком ночной миграции равняются 0,813 и 0,749 (табл. 2). Эта же тенденция хорошо иллюстрируется соответствующими изменениями кривых (рис. 2). Кривая пика ночной миграции характеризуется более выраженной амплитудой, чем кривая начала миграции. Из литературных данных (Bruderer, 1999; Richardson, 1990) известно, что начало ночной миграции большей частью определяется полетами водоплавающих птиц.

Воробьиные, которые составляют большинство мигрирующего потока, определяют максимум интенсивности ночной миграции (Bruderer, 1999; Bruderer, Leichti, 1999; Richardson, 1990). В значительной степени это – полет одиночных птиц или небольших групп, которые начинают миграцию с различных мест отдыха. Близость или удаленность этих птиц к радару определяет время максимальной насыщенности экрана.

Выбор мест отдыха определяется присутствием кормовых ресурсов и физиологическими состояниями птиц перед (осенью) или после (весной) пересечения

экологических барьеров подобно пустыне Негев. Благодаря морфометрическим и аэродинамическим особенностям воробьиные, в сравнении с водоплавающими видами птиц, более подвержены неблагоприятным погодным условиям. Эти факторы также определяет изменчивость времени максимальной интенсивности миграции. Птицы, мигрирующие ранней весной, характеризуются специфическим временным режимом, в сравнении с другими мигрантами – эти птицы начинают полеты после времени наступления гражданских сумерек (рис. 2). Это явление объясняется видовым составом мигрирующих птиц и погодными условиями, соответствующими этим периодам времени.

Время завершения ночной миграции

Как уже было сказано, объём данных времени завершения ночной миграции (t_3) недостаточен для точных оценок. Поэтому результаты исследования этого параметра имеют оценочный характер и приводятся как предварительные для выбранной методики.

После 23.00–24.00 интенсивность ночной миграции значительно слабеет. Её минимум наступает к 5.00 часам утра, а к 7.00 часам она становится практически нулевой. Коэффициент заполняемости экрана треками от летящих птиц снижается до 1–3. Минимум ночной миграции приходится на 5.00 часов утра, и к 7.00 часам миграция практически равна нулю.

Представленные данные показывают, что ночная миграция после восхода солнца с «вялой» интенсивностью продолжается порой ещё почти полтора – два часа. Этот фактор отметил в своих исследованиях в пустыне Арава Bruderer (1999). Он заметил, что нередко многие ночные мигранты, особенно цапли, каравайки и колпицы, продолжают полет после наступления утра.

По данным таблицы построен график изменения времени окончания ночной миграции в зависимости от изменения времени восхода солнца. Разброс экспериментальных точек образовал некоторую область, которая характеризуется линией регрессии и линиями конфиденциального интервала нормального распределения.

На рисунке непрерывные линии – линии регрессии и конфиденциальный интервал нормального распределения с коэффициентом 0,95. Прерывистая линия отражает конфиденциальный интервал регрессии.

Конфиденциальный интервал определяет границы, в которых находятся статистически значимые значения регрессии (рис. 3). Время завершения ночной миграции описывается уравнением $y = 5,2 + 0,3x$ (x – время восхода солнца, $p = 0,01$).

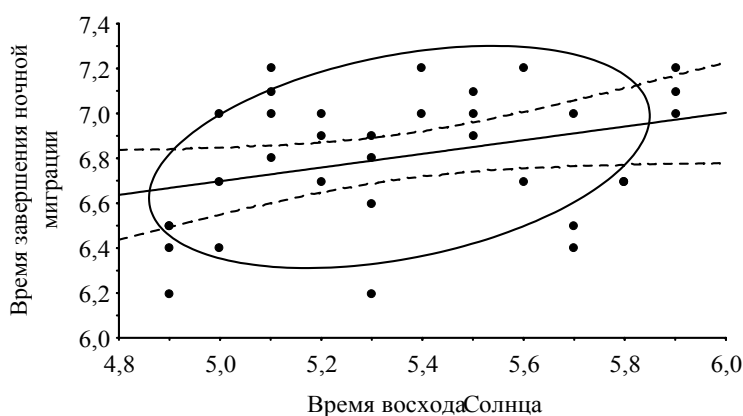


Рис. 3. Изменения времени завершения ночной миграции птиц по отношению к времени восхода Солнца за 33 дня осени 2001 г. Значения времени представлены в виде десятичных дробей (60 мин = 1)

ВЫВОДЫ

1. Ночная миграция птиц над территорией центрального Израиля начинается в среднем с момента наступления гражданских сумерек, что для этой географической широты соответствует получасовому интервалу после захода Солнца.

2. Интервал между временем начала и временем наивысшей концентрации ночных мигрирующих птиц составляет в среднем около 70 мин для весны и осени.

3. В течение ночи миграция неравномерная. Её резкий спад, как правило, приходится на 23–24 часа ночи. К 5 часам утра она снижается до 1–2 баллов по 8-балльной шкале. Конец ночной миграции наступает примерно через полтора – два часа после восхода Солнца.

4. Временные характеристики ночной миграции имеют значительную повседневную изменчивость. В ряде случаев амплитуда времени начала миграции даже для соседних дней достигает около 135 минут. Максимальное отклонение от среднего времени начала миграции за экспериментальный период весной составляет 144 минуты, осенью – 95 минут.

5. Установлен сезонный сдвиг времени начала ночной миграции, соответствующий аналогичному сезонному сдвигу времени наступления темноты.

6. Осреднённые значения времени начала, максимальной интенсивности и конца ночной миграции определяются фотопериодическими факторами.

7. Динамика времени максимальной интенсивности ночной миграции птиц в различные дни и месяцы в общем соответствует характеру аналогичного изменения времени начала ночной миграции. Это обусловлено влиянием погодных условий. Не меньшее значение имеет фактор удалённости мест дневного отдыха и питания ночных мигрантов от точки расположения радиолокатора. Максимум ночной концентрации этих птиц в зоне наблюдения радиолокатора наступает тогда, когда после подъёма на крыло из различных районов питания и отдыха птицы входят в зону «видимости» радиолокатора.

8. Птицы, мигрирующие ранней весной, имеют другой временной диапазон начала миграции, чем другие мигранты. Это явление вызвано погодными условиями и видовым составом мигрантов в течение соответствующего периода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Alerstam T. Nocturnal bird migration in Skane, Sweden, as recorded by radar in autumn 1971 // *Ornis Scand.* – 1972. – 3. – P. 141–151.
- Alerstam T. Nocturnal migration of thrushes (*Turdus* spp.) in southern Sweden // *Oikos.* – 1976. – 27. – P. 457–475.
- Alfia H. Surveillance radar data on nocturnal bird migration over Israel, 1989–1993 // *Israel J. Zool.* – 1995. – 41. – P. 517–522.
- Beason R. C. The influences of weather and topography on water bird migration in the southwestern United States // *Oecologia.* – 1978. – 32. – P. 153–169.
- Bellrose F. C. Radar in orientation research // *Proc. XIX Int. Ornithol. Congr.* – 1967. – P. 281–309.
- Bellrose F. C. The distribution of nocturnal migration in the air space // *Auk.* – 1971. – 88. – P. 397–424.
- Blokpoel H., Burton J. Weather and height of nocturnal migration in east central Alberta: a radar study // *Bird Band.* – 1975. – 46. – P. 311–328.
- Bruderer B. Three decades of tracking radar studies on bird migration in Europe and the Middle East // *Proc. Intern. Seminar on Birds and Flight Safety in the Middle East Israel.* – 1999. – P. 25–29.
- Bruderer B., Leichti F. Variation in density and height distribution of nocturnal migration in the south of Israel // *Israel J. Zool.* – 1999. – 41. – P. 477–489.
- Casement M. B. Migration at the Mediterranean observed by radar // *Ibis.* – 1966. – 108. – P. 461–491.
- Dinevich L., Kaplan L. Radar observation of bird migration // *Sci. Israel Technol. Advantages.* – 2000. – 2. – P. 89–93.
- Dinevich L., Leshem Y., Gal A., Kapitannikov A. Study of bird migration by means of the MRL5 radar // *Ibidem.* – P. 94–104.

- Drury W. H., Nisbet I. C. T. Radar studies of orientation of songbird migrants in Southeastern New England // *Bird Band*. – 1964. – 35. – P. 42–61.
- Flock L. Radar observation of bird migration at Cape Prince of Wales // *Arctic*. – 1970. – 25. – P. 25–36.
- Gauthreaux S. A. Jr. Behavioral responses of migrating birds to daylight and darkness: a radar and direct visual study // *Wilson Bull.* – 1972. – 84. – P. 136–148.
- Graber R. R. Nocturnal migration in Illinois-different points of view // *Wilson Bull.* – 1968. – 80. – P. 36–71.
- Graber R. R., Hassler S. S. The effectiveness of aircraft – type (APS) radar in detecting birds // *Wilson Bull.* – 1962. – 74. – P. 35–42.
- Grimes L. G. A radar study of tern movements along the coast of Ghana // *Ibis*. – 1977. – 119. – P. 28–36.
- Hall George A., Bell R. K. The diurnal migration of passerines along an Appalachian ridge // *Am. Birds*. – 1981. – 35. – P. 135–138.
- Hassler R. R., Graber R. R., Bellrose F. C. Fall migration and weather: a radar study // *Wilson Bull.* – 1963. – 65. – P. 56–77.
- Lack D. Migration across the North Sea studied by radar. II. The spring departure, 1956–1959 // *Ibis*. – 1960. – 102. – P. 26–57.
- Lack D. Migration across the southern North Sea studied by radar. IV. Autumn // *Ibis*. – 1963. – 105. – P. 1–54.
- Leshem Y., Bahat O. *Flying with the Birds* // Yedioth Ahronot. Chemed Books. – 1999. – P. 51, 213.
- Lowery G. H. Jr. A quantitative study of the nocturnal migration of birds // *Univ. Kan. Pub. Mus. Nat. Hist.* – 1951. – 3. – P. 361–472.
- Moreau R. E. *The Palearctic-African bird migration system*. – L.: Academic Press, 1972. – P. 26–32.
- Nisbet I. C. T. Quantitative study of migration with 23-centimeter radar // *Ibis*. – 1963. – 105. – P. 435–460.
- Parslow J. L. F. The migration of passerine night migrants across the English Channel studied by radar // *Ibis*. – 1969. – 111. – P. 48–79.
- Richardson W. J. Spring migration and weather in eastern Canada: A radar study // *Am. Birds*. – 1971. – 25. – P. 684–690.
- Richardson W. J. Autumn migration and weather in eastern Canada: A radar study // *Am. Birds*. – 1972. – 26. – P. 10–17.
- Richardson W. J. Reorientation of nocturnal landbird migrants over the Atlantic Ocean near Nova Scotia in autumn // *Auk*. – 1978a. – 95. – P. 717–732.
- Richardson W. J. Timing and amount of bird migration in relation to weather: A review // *Oikos*. – 1978b. – 30. – P. 224–272.
- Richardson W. J. Radar techniques for wildlife studies // *Nat. Wild. Fed. Sci. Techn.* – 1979. – Ser. 3. – P. 171–179.
- Richardson W. J. Timing of bird migration in relation to weather: updated review / E. Gwinner (ed.) // *Bird Migration: Physiology and Ecophysiology*. – 1990. – Springer: Berlin. – P. 78–101.
- Richardson W. J. Bird Migration and Wind Turbines: Migration Timing, Flight Behaviour, and Collision Risk // *Proc. of National Avian – Wind Power Planning Meeting III*. LGL Ltd., Environm. Res. Assoc. King City, Ontario. – 2000. – P. 133.
- Richardson W. J., Gunn W. W. H. Radar observations of bird movements in East-Central Alberta // *Canadian Wildlife Serv. Rep.* – 1971. – Ser. 14. – P. 17–21.

Надійшла до редколегії 23.02.05