

С. Н. БОРИСОВ

Кто из нас не знаком с этими грациозными и ярко окрашенными созданиями, не любовался их стремительным и маневренным полетом? А знаете ли вы, что стрекозы способны преодолевать океаны и высочайшие горные хребты? Что численность мигрирующих стай этих удивительных насекомых может достигать миллиардов особей? И как непросто ответить на простой вопрос: куда и зачем летят стрекозы?



Куда и зачем летят СТРЕКОЗЫ?



На сегодняшний день известно, что на планете обитает свыше шести тысяч видов стрекоз (Tuagi, 2007; Zhang, 2013). Эти удивительные создания отличаются высокой морфологической специализацией, поэтому их часто выделяют в особый отдел, противопоставляя всем остальным крылатым насекомым. Взрослые стрекозы – высокоспециализированные, стремительные и маневренные воздушные хищники, хватающие свою добычу (других насекомых) на лету; в пищевой рацион обитающих в водоемах личинок стрекоз помимо водных насекомых входят и другие беспозвоночные животные и даже мальки рыб и головастики.

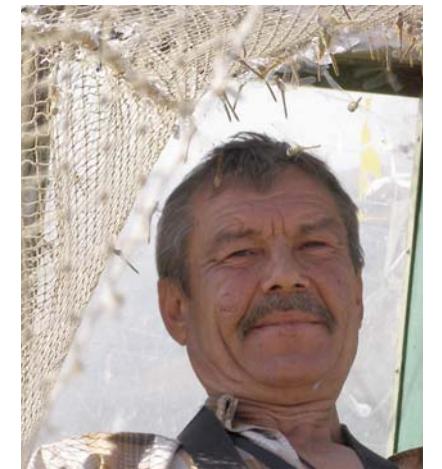
Стрекозы благодаря смене водных и наземных мест обитания в течение жизни и большой биомассе играют значительную роль в переносе вещества и энергии между водными и наземными экосистемами. Даже на небольших водоемах в течение года они способны трансформировать, пропустив через свой пищеварительный тракт, сотни килограммов биогенного вещества (Харитонов, 1991). При этом, как недавно выяснили сибирские ученые, стрекозы переносят из воды на су-

Ictinogomphus decoratus в позе обелиска (Таиланд).

Фото О. Костерина.

Вверху – Попавшие в ловушку симпетрумы (*Sympetrum fonscolombii*) умудряются вылезти из нее, протиснувшись через 10-миллиметровые ячейки сети. Фото С. Борисова

© С. Н. Борисов, 2015



БОРИСОВ Сергей Николаевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории систематики беспозвоночных животных Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 80 научных работ

Ключевые слова: стрекозы, миграции, орнитологические ловушки, Средняя Азия, Казахстан.

Key words: dragonflies, migrations, ornithological traps, Central Asia, Kazakhstan

Личинки стрекоз – обитатели водоемов, а взрослые насекомые (имаго) живут в воздушной среде. После превращения личинок в имаго остаются шкурки личинок, или экзувии. Слева вверху – экзувий *Zygonyx iris* (Камбоджа), внизу – экзувий *Aeshna subarctica* (Томская область); справа – экзувий *Macrogomphus kerri* (Камбоджа). Фото О. Костерина



шу не только значительное количество биомассы, но и большое количество биохимических компонентов питания для наземных животных – незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) семейства ω -3 (Гладышев и др., 2011). А если принять во внимание, что некоторые из этих насекомых могут переносить биогенные вещества на значительное расстояние от мест, где они появились, иногда за многие тысячи километров, становится очевидной их своеобразная роль в круговороте веществ на планете.

Во время миграций стрекозы способны преодолевать океаны и высочайшие горные хребты, лететь ночью и на больших высотах (Борисов, 2012; Anderson, 2009; Feng *et al.*, 2006). Численность мигрирующих стрекоз поражает воображение. Так, в Аргентине в декабре 1991 г. была замечена гигантская стая (предположительно, *Aeshna bonariensis*) численностью примерно в 4–6 млрд особей и общей биомассой 4 тыс. т (Russel

Парад самцов *Ceriagrion olivaceum* (Камбоджа). Фото О. Костерина



et al. 1998; Holland *et al.*, 2006). Но все же такие масштабные скопления и перемещения стрекоз наблюдаются не часто, а среди очевидцев редко присутствуют натуралисты и, совсем уж редко, ученые – специалисты по «стрекозиным» миграциям. Обычно же перелеты стрекоз происходят незаметно. При этом, как правило, летят отдельные разрозненные особи, а не стаи, и неискушенный наблюдатель вряд ли обратит на них внимание. Мало ли куда и зачем может лететь стрекоза.

Несмотря на все эти методологические трудности, интерес к изучению миграций стрекоз в мире неуклонно растет, и благодаря применению новых методов и технологий в этой области уже удалось достигнуть значительных успехов (May, 2013). Например, для изучения перелетов стрекоз сейчас используют радары, а для определения «места происхождения» мигрантов – изотопный метод (Feng *et al.*, 2006; Matthews, May, 2008; Hobson *et al.*, 2012). Ученые даже умудрились прикрепить микропередатчики к стрекозам-мигрантам и таким образом проследить их путь, правда на небольшое расстояние (Wickelski *et al.*, 2006). Тем не менее загадок и вопросов по поводу миграций стрекоз на сегодняшний день значительно больше, чем ответов.

Для разных видов стрекоз свойственны разные типы миграций. Прежде всего выделяют нерегулярные (аперiodические или факультативные) и регулярные (закономерные или облигатные) перелеты. В первом случае стрекозы совершают миграции лишь в отдельные годы, при этом они могут образовывать гигантские стаи, которые просто невозможно не заметить. Во втором случае миграции являются неотъемлемой частью жизненного цикла и совершаются ежегодно. В свою очередь эти облигатные миграции по характеру и адаптивной направленности у разных видов также принципиально отличаются. Наш рассказ – о трех различных типах миграций стрекоз: массовых аперiodических перелетах этих насекомых, закономерных широтных (с юга на север и обратно) и сезонных высотных (с равнин в горы и обратно) перелетах.

Путешествие в никуда?

Одна из знаменитостей среди стрекоз-мигрантов – четырехпятнистая стрекоза (*Libellula quadrimaculata*). Согласно письменным свидетельствам, в XIX в. через г. Антверпен пролетала столь большая и густая стая этих стрекоз, что всякое движение на улицах приостановилось (Корнелиус, 1866). В Северном Казахстане

На перевале Чокпак установлены ловушки «рыбачинского» типа, представляющие собой гигантский (45 м длиной) вентерь с «входными воротами» высотой 12 м и шириной 35 м. Эти ловушки используются для отлова птиц, в них также попадают и мигрирующие стрекозы.
Фото С. Борисова



Редкое зрелище: царевна-стрекоза (*Coeliccia* sp.) на отдыхе.
Фото О. Костерина



Самка дозорщика темноголобого (*Anax parthenope*) в окружении симпетрумов фонсколомба (*Sympetrum fonscolombii*) в орнитологической ловушке. Ежегодные осенние миграции этих стрекоз отмечены пока только на перевале Чокпак.
Фото С. Борисова

подобная стая четырехпятнистых стрекоз была оценена в 100 млн особей (Харитонов и Попова, 2010). На биологической станции «Фрингилла», расположенной на Куршской Косе в Калининградской области за день в ловушку (установленную для отлова и кольцевания птиц) попало более 30 тыс. этих стрекоз (Buczyński *et al.*, 2014).

К этому же типу миграций можно отнести и массовые перелеты других видов. Например, массовый выплод коромысел зеленобоких (*Aeshna affinis*) на юге Кыргызстана в 2009 г. спровоцировал перелет десятков тысяч особей (Schröter, 2011). Аналогичный случай наблюдался и в августе 2006 г. в дельте Дуная, где были отмечены неожиданно появившиеся десятки ты-

сяч особей двух видов: коромысел помесных (*Aeshna mixta*) и симпетрумов южных (*Sympetrum meridionale*) (Dyatlova, Kalkman, 2008).

Куда же и зачем летят в такой массе эти стрекозы? Среди самых разных мнений по этому вопросу наиболее приемлемым кажется предположение, выдвинутое сибирскими энтомологами, что эти перелеты представляют собой массовые выселения стрекоз из мест обитания при чрезмерном росте плотности их популяций (Харитонов, Попова, 2010). Результатом становится, как правило, гибель всех или почти всех мигрирующих особей. Кажется, что такой «суицидный» характер миграций должен весьма пагубно отражаться на стрекозах, но на самом деле речь идет об эффективном механизме саморегуляции и оптимизации численности популяции.

Весной – на север, осенью – на юг

Своеобразной жизненной стратегией отличается группа стрекоз Северного полушария. Весной эти стрекозы, уже половозрелые, прилетают из южных частей

ареалов (по-видимому, тропических и субтропических регионов) в умеренные широты, где всего за 2–3 месяца рождается и вырастает новое поколение. Осенью особи летней генерации улетают на юг, где, вероятно, размножаются, и личинки зимуют в более «теплых» условиях. То есть речь идет о широтных миграциях разных поколений стрекоз из одной природно-климатической зоны в другую (Борисов, 2009, 2010, 2011, 2012; Corbet, 1999; May, 2013; и др.).

Но есть и такие виды, в популяциях которых часть особей живет оседло, а часть совершает миграции. Наиболее хорошо это загадочное явление изучено в Северной Америке у дозорщика зеленого (*Anax junius*) (Corbet, 1999; May, 2013; и др.). Вероятно, схожая стратегия свойственна также дозорщику темноголобому (*Anax parthenope*), обитающему в умеренных широтах Евразии.

Исследователи давно подметили, что мигрирующие стрекозы часто придерживаются определенных маршрутов вдоль так называемых направляющих линий в ландшафте, например, рек, береговых очертаний океанов и морей, склонов, ущелий и перевалов в горах. При этом на их пути встречаются «узкие»

места, преодолевая которые они сгущаются (концентрируются). Найти такое место, где можно хотя бы приблизительно подсчитать пролетающих стрекоз и установить их видовую принадлежность – заветная мечта специалиста по миграциям.

Одно из таких мест, где происходят ежегодные осенние перелеты стрекоз в южном направлении – это перевал Чокпак на юге Казахстана. Перевал представляет собой наиболее узкое место в межгорной долине, которая прорезает Западный Тянь-Шань с северо-востока на юго-запад и разделяет хребты Таласский Алатау и Каратау (расстояние между их склонами не превышает 7–9 км). В то же время это и наиболее высокая точка долины – 1200 м над уровнем моря. Благодаря этим особенностям формируется «эффект бутылочного горлышка», и через перевал пролегал мощный миграционный путь птиц и стрекоз.

С 1965 г. на перевале Чокпак функционирует орнитологический стационар Института зоологии Министерства образования и науки Республики Казахстан. Весной и осенью здесь устанавливают стационарные

ловушки для отлова и кольцевания птиц, которые, как оказалось, можно с успехом применять и при исследовании миграций стрекоз. Эти насекомые во время перелетов регулярно попадают в ловушки. Мы занимались изучением миграций стрекоз на Чокпаке в течение трех осенних сезонов (2008–2010 гг.).

Среди стрекоз-мигрантов массовыми здесь являются два вида – симпетрум фонсколомба (*Sympetrum fonscolombii*) и дозорщик темнолобый (*Anax parthenope*); в небольшом количестве в ловушки попадал и дозорщик-седлоносец (*Anax ephippiger*). Интересно, что знаменитая своими летными качествами и миграциями по всему миру бродяжка рыжая (*Pantala flavescens*) почему-то через Чокпак не летит, хотя в то же время мы наблюдали массовые осенние миграции этого вида в высокогорье Памира (до высот в 5000 м над у.м.), где обычно вообще никакие стрекозы не встречаются (Борисов, Харитонов, 2004).

Все эти виды-мигранты обладают обширными ареалами, охватывающими разные природно-климатические зоны по обе стороны экватора, и сходными биологиче-

скими особенностями. Их личинки, населяющие эфемерные водоемы, развиваются 1–3 месяца, а взрослые особи кочуют в предрепродуктивный и репродуктивный периоды (Corbet, 1999).

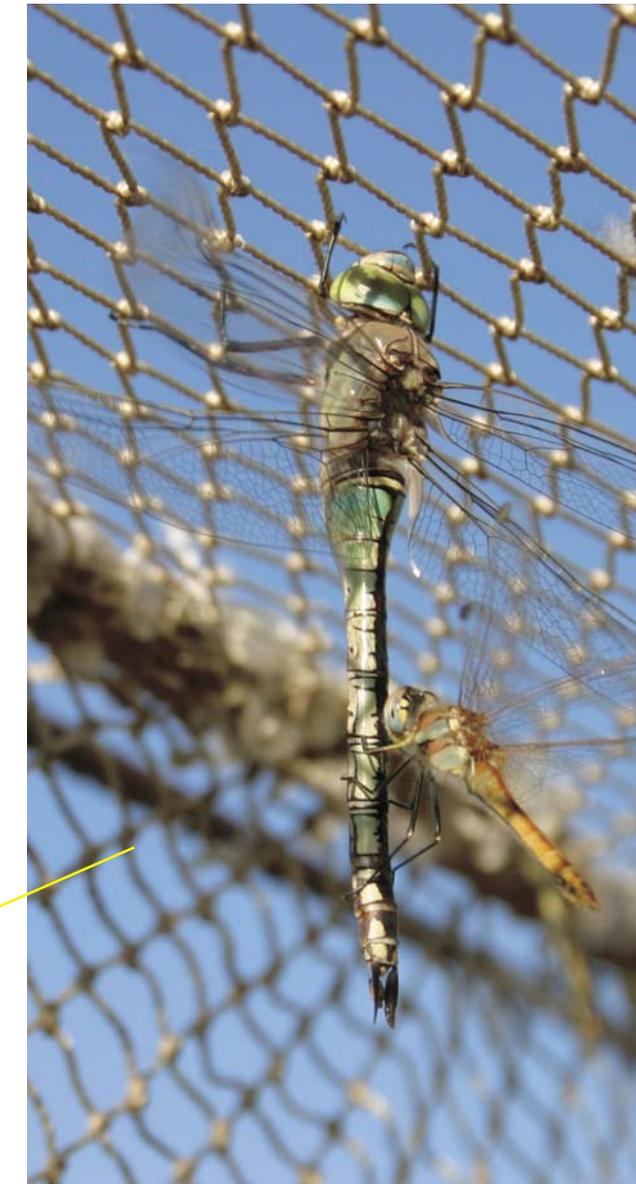
Ежедневный подсчет стрекоз, попадающих в ловушки, показал, что миграции происходят крайне неравномерно, при этом их интенсивность возрастает с похолоданием. После прихода холодных воздушных фронтов в ловушки за день попадали тысячи этих насекомых. В то же время при улучшении погоды (потеплении, прекращении ветра) интенсивность миграций снижалась, или они совсем прекращались.

Погодные условия точно так же влияют и на перелеты птиц – и на Чокпаке, и в других местах планеты. Так, в Северной Америке осенние миграции стрекоз во многих случаях идеально совпадают с перелетами птиц, как по месту и времени года, так и по интенсивности полета, и погодным факторам (Russell *et al.*, 1998; Wikelski *et al.*, 2006; и др.).

Еще одним важным фактором, влияющим на перелет стрекоз на Чокпаке, является направление ветра. Здесь



Массовое скопление коромысел помесных (*Aeshna mixta*) в дельте Дуная у побережья Черного моря, оцененное в 40 тыс. особей. 18 августа 2006 г. Фото Е. Дятловой



Стрекозам, попавшим в орнитологическую ловушку на перевале Чокпак, не до церемоний: так, симпетрум фонсколомба (*Sympetrum fonscolombii*) присел для отдыха на крупную самку дозорщика темнолобого (*Anax parthenope*). Фото С. Борисова

преобладают ветры восточных и западных румбов, т.е. для крылатых путешественников ветер может быть либо попутным, либо встречным. И самое удивительное то, что насекомые летят (и попадают в ловушки) исключительно при встречном юго-западном ветре! Другие ученые также акцентируют внимание на этом парадоксальном факте: «После долгого затишья подул западный ветер. Минут через двадцать мы, к своему удивлению, увидели множество стрекоз, и вскоре всюду,

куда доставал взгляд, широким фронтом двигались навстречу ветру тысячи этих крылатых странниц» (Крылова, 1969, с. 102).

Известно, что по крайней мере в условиях тропиков стрекозы-мигранты могут переноситься ветром на большой высоте на значительное расстояние, а для подъема используют утренние восходящие потоки воздуха (Johnson, 1969; Corbet, 1984, 1999). Уникальные исследования миграций стрекоз при помощи радара в море Бохая (Северо-Восточный Китай) доказали возможность ночных перелетов стрекоз с попутным ветром над морем на высотах до 1000 м. При этом летом стрекозы совершают перелеты на север с попутным ветром, а осенью на юго-запад – часто против ветра (Feng *et al.*, 2006). Аналогичная ситуация описана для мигрирующих стрекоз (в основном *P. flavescens*) на Мальдивских островах в Индийском океане (Anderson, 2009).

Таким образом, остается загадкой, летят ли стрекозы через Чокпак с попутным ветром на большой высоте? В дни массовых перелетов нам удалось с помощью бинокля заметить лишь отдельных особей, летящих на высоте около 150 м над поверхностью земли (на более далеком расстоянии стрекозы незаметны). Можно предположить, что основные перелеты могут происходить и на больших высотах, недоступных для наблюдения. И стрекозы, летящие по ветру на большой высоте, при его смене на противоположное направление вынуждены спуститься и продолжать перелет уже у самой поверхности и, соответственно, против ветра (Борисов, 2010).

Именно так поступают и птицы, которые при попутном ветре летят на большой высоте, а при встречном – у поверхности земли. И в ловушки на перевале Чокпак птицы попадают также исключительно при встречном ветре (Гаврилов, Гисцов, 1985).

Принимая во внимание возможность высотных перемещений стрекоз с помощью попутного ветра, можно попробовать оценить реальные масштабы миграций стрекоз на перевале. По нашим данным, в дни массовых перелетов у поверхности земли в одну ловушку за день может попасть свыше 3 тыс. стрекоз, т. е. в такие дни через долину пролетает до миллиона особей, летят же здесь стрекозы в течение примерно двух месяцев. И это только видимые миграции у земли! Если же принимать во внимание и невидимую армию, пролетающую на больших высотах, то численность мигрантов может оказаться на порядки больше.



В горы на летние квартиры

Некоторым видам стрекоз свойственна еще одна оригинальная миграционная стратегия: их личинки развиваются на равнинах, а взрослые насекомые после выплода на продолжительный период улетают в горы, а осенью возвращаются «домой». Такие сезонные вертикальные миграции характерны для некоторых видов в Японии, в Гималаях и в Атласских горах на северо-западе Африки (Corbet, 1999; Samraoui, Corbet, 2000).

В результате многолетнего изучения стрекоз в Средней Азии мы установили наличие сезонных высотных миграций у семи видов этих насекомых. Все началось с заповедника «Тигровая Балка» на юго-западе Таджикистана, одном из самых жарких мест этого региона. Некоторые виды стрекоз, массовые здесь весной и осенью, летом куда-то «исчезали». Оказалось, что в самый жаркий период стрекозы с равнин улетают в «прохладные»

горы (Борисов, 2006, 2009, 2010). Впоследствии выяснилось, что подобная стратегия характерна для стрекоз на всей территории Средней Азии; благо, что жаркие подгорные равнины соседствуют здесь с мощными горными системами Тянь-Шаня и Памиро-Алая.

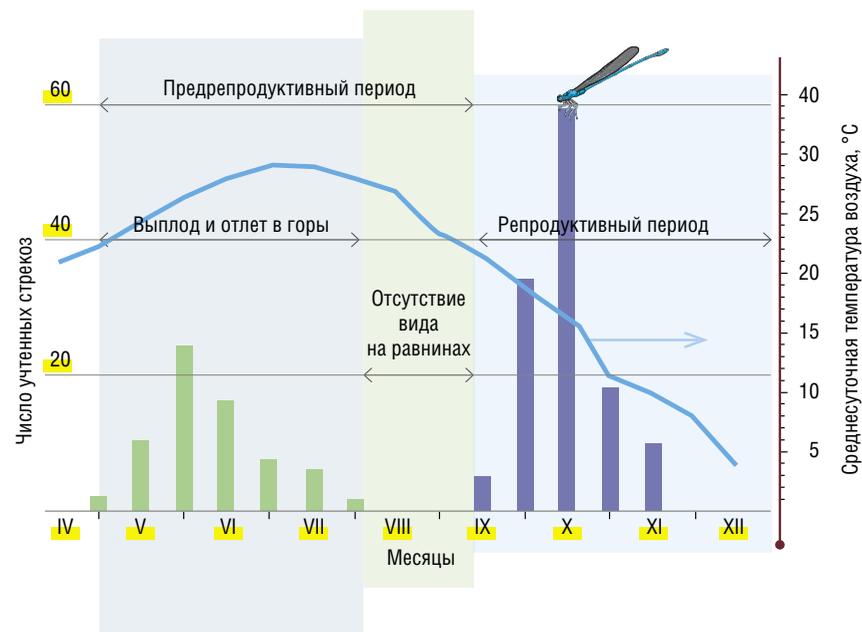


Вверху – четырехпятнистые стрекозы в приемной камере орнитологической ловушки «рыбачинского типа»; Калининградская обл., Куршская Коса, биологическая станция «Фрингилла», 29 мая 2013 г. В этот день в ловушку попало более 30 тыс. этих стрекоз. Фото А. Шаповалова.

Справа – коромысло зеленобокое (*Aeshna affinis*). Самка (зеленая) и самец (голубой). Для этих стрекоз отмечены массовые миграции в Тянь-Шане (Schroeter, 2011). Фото В. Казенас

Эти семь видов среднеазиатских стрекоз относятся к разным систематическим группам. Различные по происхождению и далеко не родственные, они, тем не менее, имеют одинаковые адаптивные стратегии. Хотя все эти стрекозы и живут в Средней Азии, но жару переносят плохо, и их активность заметно снижается или прекращается вовсе при чрезмерно высоких температурах. Как же они выкраивают время для «летнего отпуска»? Разгадка кроется в особенностях их жизненных циклов. У всех этих видов в год в любых условиях развивается лишь одно поколение, а синхронизация жизненных циклов с условиями среды осуществляется за счет изменения продолжительности прerreпродуктивного периода. То есть регуляция происходит на фазе взрослой особи, тогда как у большинства стрекоз в умеренных широтах она осуществляется на фазе личинки.

Продолжительность периода полового созревания у этих стрекоз на севере и у южных границ ареала сильно различается: на севере этот период занимает несколько недель, а на юге – до 3–4 месяцев. Удлинение этого периода в жарком климате Средней Азии происходит за счет так



Сезонная динамика численности *Sympetrum arenicolor* в заповеднике «Тигровая Балка» (Юго-Западный Таджикистан) по объединенным данным учетов стрекоз 1978—1980 гг. Выплод стрекоз этого вида в заповеднике продолжается с мая по июль, но их численность начинает снижаться уже в июне, так как они постепенно улетают в горы. В августе и первой половине сентября симпетрумы, прежде многочисленные, в заповеднике вообще не встречаются. Таким образом, самый жаркий период эти стрекозы проводят в «прохладных» горах и лишь в середине сентября начинают возвращаться для размножения на равнины.

называемой имагинальной диапаузы – задержке или остановке в половом развитии насекомых. У животных это явление называют эстивацией, или «летовкой», аналогично гибернации, или «зимовке». На период летовки стрекозы и улетают в горы.

Особым своеобразием отличается жизненный цикл трех представителей рода серолюток (*Sympetma*), относящихся к подотряду равнокрылых стрекоз (*Zygoptera*). Эти массовые виды стрекоз обладают уникальной особенностью – зимуют в имагинальной фазе. Ранней весной, сразу после выхода из зимовки они приступают к размножению. Личинки их развиваются очень быстро, и взрослые насекомые, появляющиеся уже в мае, улетают на все лето в горы и лишь осенью возвращаются на равнины, где и зимуют во взрослой фазе. При этом в заповеднике «Тигровая Балка» они активны и в теплые солнечные зимние дни. Таким образом, их предрепродуктивный период, длящийся до девяти месяцев, включает в себя и гибернацию, и эстивацию.

Несмотря на массовость стрекоз, путешествующих с равнин в горы и обратно, их направленные перелеты в Средней Азии наблюдать не удалось. Как и при каких условиях они мигрируют, остается загадкой. По-видимому, их передвижения происходят постепенно, в виде кочевков. Интересно, что эти стрекозы в небольшом количестве регулярно попадали в ловушки на перевале Чокпак, причем интенсивность их кочевков заметно возрастала с понижением температуры – сигналом наступающей осени. И все же иногда можно наблюдать и массовые осенние перелеты: так, в Японии тысячные стаи симпетрума осеннего (*Sympetrum frequens*) поднимаются в горы, а осенью половозрелые особи

ярко-красной окраски также массово направляются к местам яйцекладки на равнинах (Miyakawa, 1994; Corbet, 1999).

Возвращаясь к нашим среднеазиатским стрекозам, хочется отметить еще один интересный факт. Наиболее многочисленны они на периферии горных систем, особенно по ущельям, начинающихся непосредственно у подгорных равнин – аборигенных горных видов здесь часто или вообще нет, или они весьма малочисленны. Получается, что «пришлых» стрекоз в горах больше, чем «местных». Причина кроется в том, что на подгорных равнинах Азии широко развита сеть неглубоких и хорошо прогреваемых искусственных водоемов оросительной системы, которые являются для стрекоз настоящим «раем» и основным местообитанием (Борисов, 2008, 2009). В то же время в горах водоемов, пригодных для личинок стрекоз, не так уж много, и чем выше, тем их становится меньше. В холодных же горных озерах и реках они, за редким исключением, вообще не живут.

Наша современные знания о миграциях стрекоз довольно обширны, и они постоянно пополняются новыми данными. Кажется, что скоро мы будем знать все или почти все об этом удивительном феномене крылатых путешественников. Но, как водится в науке, новые знания порождают больше вопросов, чем ответов. Все наши представления о перелетах этих насекомых, как правило, основаны на очевидных фактах. Но многое, по-видимому, остается «за кадром». По мнению исследователя стрекоз А. Ю. Харитонова, миграционная активность стрекоз более универсальна



Стрекоза четырехпятнистая (*Libellula quadrimaculata*) (слева), распространена в умеренных широтах Северного полушария. Гигантские мигрирующие стаи этих стрекоз неоднократно наблюдались в Европе и западной части Азии. Фото В. Глупова.

Литература
Гладышев М.И., Харитонов А.Ю., Попова О.Н., и др. Количественное определение роли стрекоз в переносе незаменимых полиненасыщенных жирных кислот из водных экосистем в наземные // Докл. РАН. 2011. Т. 438, № 5. С. 798–710.

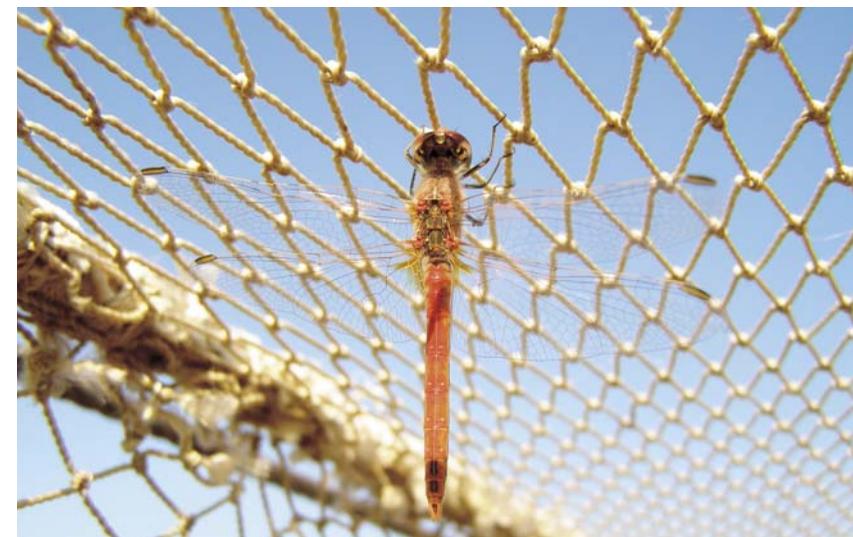
Харитонов А.Ю., Попова О.Н. Миграции стрекоз (*Odonata*) на юге Западно-Сибирской равнины // Зоологический журн. 2010. Т. 89, № 11. С. 1–9.

Anderson R. Ch. 2009. Do dragonflies migrate across the western Indian Ocean? // Journ. of Tropical Ecology. Vol. 25. P. 347–358.

Corbet Ph. S. Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata. Colchester: Harley Books, 1999. 829 p.

May M. L. A critical overview of progress in studies of migration of dragonflies (*Odonata: Anisoptera*), with emphasis on North America // Journ. of Insect Conservation. 2013. Vol. 17, № 1. P. 1–15.

Симпетрум фонсколомба (*Sympetrum fonscolombii*) распространен в Африке, Европе и южной половине Азии. В Западном Тянь-Шане эти стрекозы каждую осень массово мигрируют на юг. Фото С. Борисова



и масштабна, чем принято считать. Например, предполагается, что в любой популяции стрекоз какая-то часть особей просто «запрограммирована» на миграции, благодаря чему происходит расселение, и, что немаловажно, появляется способность оперативно реагировать на климатические или какие-либо другие изменения среды, т. е. изменять границы ареалов.