

БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ «РЫБАЧИЙ»
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «КУРШСКАЯ КОСА»

Л. В. СОКОЛОВ

**КЛИМАТ
В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ**

Санкт-Петербург 2012

УДК 551.584.2

ББК

Г

Соколов Л.В.

Климат в жизни растений и животных. – СПб., изд-во
«ТЕССА», 2010. – 344с.: ил.(первое издание)

Издание второе. Специально для интернет-пространства.

Книга посвящена одной из наиболее актуальных проблем современности – влиянию климата на жизнь растений и животных на Земле. Благодаря многолетнему мониторингу биологических объектов ученым удалось выяснить как отразилось современное изменение климата на жизни совершенно разных организмов – от простейших до наиболее высокоразвитых. У многих видов растений и животных под влиянием увеличения сезонных температур воздуха и воды разные стадии жизненных циклов сдвинулись на более ранние сроки. В Северном полушарии стали раньше зацветать различные виды растений, сместились сроки появления насекомых, существенно изменились сроки миграции рыб, птиц и млекопитающих. Это привело во многих случаях к увеличению, а в ряде случаев – к уменьшению успешности размножения, а, соответственно, и численности тех или иных видов и популяций. Потепление климата заметно отразилось и на распространении многих видов растений и животных. Обо всем этом автор книги постарался рассказать доступным, но в тоже время научным языком.

Книга представляет интерес не только для широкого круга читателей, которых волнуют проблемы влияния климата на жизнь на нашей планете, но и для специалистов, преподавателей вузов и студентов.

ББК

Рецензенты: доктор биологических наук В.А. Паевский
кандидат биологических наук А.П. Шаповал

ISBN 978-5-94086-076-1

© Соколов Л.В., 2010

© Шунькина К.В., макет, 2010-2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Климат на Земле	10
Что такое климат и чем он отличается от погоды	10
Как часто менялся климат на Земле	13
Современное потепление климата	25
Причины изменения климата	31
Повлиял ли на современный климат человек	41
Что нас ждет в будущем – потепление или похолодание	52
Глава 2. Экологические последствия потепления климата	79
Влияние климата на растения	81
Как отразилось изменение климата на жизни насекомых	103
Влияние климата на морские организмы	125
Как повлияло изменение климата на численность и распространение рыб	136
Влияние климата на жизнь амфибий и рептилий	154
Влияние климата на миграции и численность млекопитающих	179
Глава 3. Как повлияло изменение климата на сроки миграций и гнездования птиц	197
Как определяют сроки миграций птиц	200
Стали ли перелетные птицы прилетать весной раньше	204
Что влияет на сроки весенней миграции птиц	213
Изменились ли сроки отлета птиц с зимовок	218
Гнездятся ли теперь птицы раньше	231
Как изменились сроки осенней миграции у птиц	236
Что будет происходить со сроками миграции и гнездования птиц в будущем	245
Глава 4. Влияние климата на численность птиц	248
Долговременные изменения численности популяций птиц	249
Чем вызваны многолетние колебания численности птиц	259

«Взрывные» колебания численности птиц	284
---	-----

Глава 5. Влияние климата на распространение птиц	307
---	------------

Как влияет климат на изменение ареала обитания	309
--	-----

Стали ли птицы зимовать ближе к местам гнездования	317
--	-----

Заключение	320
------------------	-----

Краткий словарь терминов	324
--------------------------------	-----

Рекомендуемая литература	341
--------------------------------	-----

Список основных использованных сайтов	343
---	-----

Посвящается моим коллегам и друзьям

ВВЕДЕНИЕ

Исследование климата и его влияния на жизнь на Земле — одна из самых важных задач, стоящих перед всем человечеством в настоящее время. В связи с крайней актуальностью проблемы глобального потепления климата, реально вставшей перед человечеством в 70-х годах XX века, в 1988 году Всемирная метеорологическая организация и Программа ООН по окружающей среде создали специальную Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК), которая каждые 5–6 лет публикует доклады о будущих изменениях климата и возможном влиянии этих изменений на различные виды человеческой деятельности. Сегодня эта группа экспертов считается наиболее авторитетной организацией в области прогнозирования климата. Важнейшей задачей ученых, исследующих изменение современного климата, является анализ причин, вызывающих эти изменения. В зависимости от того, являются ли причины современного потепления климата естественными природными или же они связаны с активной человеческой деятельностью — с так называемым антропогенным влиянием, выводы о том, что делать человечеству в этих новых изменившихся условиях будут разными. Если, например, современное потепление климата отражает восходящую часть естественного цикла, за которой неизбежно рано или поздно начнется процесс понижения температуры на планете и человечество столкнется с глобальным похолоданием, необходимо будет принимать совершенно иные меры для выживания, нежели в случае дальнейшего продолжительного роста потепления, спровоцированного техногенной цивилизацией.

Сейчас ученые для измерения уровня парниковых газов и Мирового океана, обследования ледников и состояния биосферы используют самые современные методы и спутниковые технологии. Данные получают из атмосферы и морских глубин, с поверхности океанов и с горных вершин. Однако часто нехватает простых, но

качественных измерений температуры, влажности, давления, ветра и других метеорологических показателей в разных регионах мира. Для анализа многочисленных и разнообразных данных приходится привлекать не только специалистов по климату, но и математиков, физиков, химиков, биологов и ученых из других областей. Более того, климатические прогнозы невозможно разрабатывать без участия политиков и экономистов, социологов и психологов. Моделирование и прогнозирование климата требует создания и применения самых мощных суперкомпьютеров, поэтому в процесс изучения современного климата активно вовлекаются и люди чисто технических специальностей.

К сожалению, зачастую дискуссии о причинах и последствиях современного потепления климата из научной сферы переходят в область голой политики, где многое определяется совсем другими интересами, весьма далекими от науки. Например, в США бывший президент Билл Клинтон приглашал в Белый дом на встречи только ученых, которые являются сторонниками антропогенного влияния на современное потепление. За поддержку и пропаганду таких взглядов получил Нобелевскую премию и бывший вице-президент Альберт Гор. Один из ведущих американских исследователей климата Джеймс Хансен, который возглавляет научно-исследовательский институт при Национальном управлении по аэронавтике и исследованию космического пространства NASA, заявлял, что администрация президента США Джорджа Буша жестко редактировала как его собственные исследования, так и работы других ученых о последствиях глобального потепления. Он считает, что из-за этого США упустили возможность повлиять на мир в области борьбы с глобальным потеплением. Другие ученые, которые не разделяют общепринятых взглядов на причины изменения климата, нередко остаются без финансирования, без грантов, без возможности изложить свое мнение с экрана телевидения или со страниц газет. Нередко правительства разных стран поддерживают идею Киотского протокола по сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу не столько по экологическим, сколько по экономическим и финансовым соображениям.

Длительный мониторинг за биологическими объектами дает не менее ценные и точные сведения о многолетних изменениях кли-

мата, чем прямые метеорологические наблюдения. В ряде случаев живые объекты являются прекрасными индикаторами изменений окружающей среды и более чувствительны к колебаниям климата, чем многие физические параметры. В настоящее время ежемесячно публикуются десятки научных статей в солидных журналах, посвященных влиянию климата на биосферу. Многолетние исследования сроков развития растений и животных, динамики их численности, изменения образа жизни, расселения в новые районы сейчас стали приоритетными научными направлениями. Чтобы принимать правильные решения по спасению биологических сообществ на Земле от стремительного разрушения, которое наблюдается в наше время, важно понять, в какой мере это обусловлено естественными природными силами, а в какой – деятельностью человека.

Вот уже много лет такой биологический мониторинг ведется на Куршской косе Балтийского моря, которая представляет собой узкий и длинный, почти в 100 км длиной, полуостров, покрытый со стороны залива огромными песчаными дюнами, которые возвышаются на 60–70 метров над уровнем моря. Куршская коса является заповедной территорией. В 1987 г. на основании Постановления Советов Министров РСФСР на косе на базе Курского лесхоза был образован Государственный природный национальный парк «Куршская коса», директором которого сегодня является молодой специалист Е.С. Снегирев. Основная деятельность сотрудников национального парка в настоящее время сосредоточена на острых экологических проблемах Куршской косы, вызванных как природными факторами, так и влиянием человеческой деятельности.

Многообразие растительного мира косы в значительной мере обусловлено с одной стороны ее рельефом (наличием песчаных дюн, морских авантюн, поросших растительностью холмов, низин, котловин и т.п.), с другой тем, что большая часть фитоценозов имеет искусственное происхождение, благодаря человеку. Ландшафты Куршской косы – результат сложного и длительного взаимодействия природы и человека, указывают авторы уникального прекрасно иллюстрированного издания «Куршская коса. Культурный ландшафт», опубликованного в 2008 г. при финансовой поддержке нефтяной компании «Лукойл – КМН».

В последнее десятилетие в связи с глобальным изменением климата Балтийский регион подвергся разрушительной деятельности сильнейших штормов. Например, декабрьский шторм 1999 г. вызвал самый массовый за XX в. ветровал сосны на косе, объем которого составил более 30 000 кубометров. Устранение последствий ветровала растянулось на целых три года. В штормовые годы был зарегистрирован уникальный сгон воды в Куршском заливе: вода отступила на десятки метров, в результате чего обнажилось дно. К аномальным природным явлениям этого периода относятся и небывалые засухи 1992 и 1994 гг., которые привели к вспышкам размножения соснового шелкопряда и короеда-типографа, а также к крупнейшему лесному пожару горной сосны в отдельных частях косы. Негативно влияет на береговую зону косы и ухудшение экологической обстановки, связанной с загрязнением вод Балтийского моря и Куршского залива в результате интенсификации водного транспорта, коттеджной застройки, туризма и тому подобной деятельности в регионе.

На Куршской косе, через которую весной и осенью мигрируют миллионы птиц, вот уже 50 лет, начиная с 1957 г., проводится регулярный отлов и кольцевание пернатых. Через косу, вытянутую с северо-востока на юго-запад, проходит так называемый Беломоро-Балтийский пролетный путь для многих видов птиц. Массовое кольцевание птиц на косе было налажено еще в начале прошлого века немецкими орнитологами, возглавляемыми профессором Иоханесом Тинеманном, который многие годы возглавлял первую в Германии орнитологическую станцию в Росситене (ныне пос. Рыбачий). Тинеманн совершенно верно оценил значение для перелета птиц длинной и узкой полоски суши, зажатой между Балтийским морем и Куршским заливом, и указал на необычайно благоприятные возможности этого места для длительных наблюдений и исследований перелетов птиц. Особые географические условия в сочетании с преимуществами донного ландшафта с его по большей части редкой растительностью (и, соответственно, благоприятными возможностями для визуальных наблюдений) позволили немецким орнитологам выявить на Куршской косе такие массовые перелеты птиц, какие не удавалось наблюдать в других регионах Европы.

Следуя традициям немецких орнитологов, по распоряжению Академии Наук СССР в 1956 г. на Куршской косе в пос. Рыбачий была организована Биологическая станция, основным направлением исследований которой стало изучение миграций птиц. Под руководством профессора Л.О. Белопольского, известного участника полярных экспедиций, были спроектированы и построены огромные съемные ловушки (до 17 м высотой, 30 м шириной и 70 м длиной), ориентированные своим входом, в который мог бы залететь маленький самолет, на северо-восток или юго-запад в зависимости от сезона. Ловушки ежегодно устанавливаются с конца марта по ноябрь вот уже более 50 лет, невзирая на смену политического, экономического и природного климата в нашей стране. Ежегодно в эти ловушки попадает несколько десятков тысяч птиц (рекорд 108 тысяч), которых обязательно кольцуют, измеряют и взвешивают сотрудники станции. В настоящее время в распоряжении биостанции имеется огромный по объему (около 3 млн. окольцованных особей) банк данных кольцевания. Это особый золотой фонд научных данных, которым будет пользоваться еще не одно поколение ученых.

Большие ловушки «Рыбачинского типа», созданные на Куршской косе в 1957 г., позже были построены в Эстонии, Латвии, Литве, Польше, на Ладожском и Чудском озерах, на р. Енисей, на горном перевале Чокпак в Казахстане, в Украине под Киевом и даже в Израиле в Эйлате. В результате мы имеем возможность сравнить данные, собранные на огромной территории на протяжении нескольких десятилетий одним и тем же методом, что чрезвычайно важно для репрезентативной оценки, как численности разных популяций, так и сроков сезонных явлений у птиц из разных регионов.



Глава 1

Климат на Земле

Наука, изучающая климат на Земле, называется климатологией. Это одна из древнейших научных дисциплин. Климатологи занимаются описанием и классификацией климатов Земли, изучают историю климата, анализируют причины его изменения и разрабатывают разной сложности модели, которые в какой-то мере могут предсказать будущие изменения климата на нашей планете.

Что такое климат и чем он отличается от погоды

Известный отечественный климатолог Е.П. Борисенков в своей научно-популярной книге «Климат и деятельность человека», изданной в 1982 году, пишет, что термин «климат (греч. *klimatos*)» был введен в обиход древнегреческим астрономом Гиппархом еще до начала нашей эры. В те далекие времена под климатом буквально понимался наклон солнечных лучей к поверхности Земли. Представление о том, что климат определяется высотой солнца над горизонтом господствовало до конца XVIII в. Позже новое понятие климата было сформулировано А. Гумбольдтом в 1831 г. и широко использовалось в его книге «Космос». По Гумбольдту, климат – это специфическое свойство атмосферы, которое зависит от постоянного совместного действия подвижной поверхности моря и излучающей тепло суши. В XIX в. климат трактуется уже как общее состояние погоды в определенном месте или в определенной стране. В 20–30-х гг. XX в. вновь в науч-

ной среде разгорается бурная дискуссия по поводу того, что же такое климат. И только в 70-х гг. прошлого столетия формулируется более четкое определение климата как «совокупности статистических свойств климатической системы за достаточно длительный, но ограниченный промежуток времени» (Борисенков, 1982).

По мнению специалистов, климат – это чрезвычайно сложная физическая система, поведение которой определяется взаимодействием между космосом, атмосферой, поверхностью океанов и континентов, ледниками, вулканами, а также биотой (рис. 1). Благодаря этим взаимодействиям в климатической системе возникают сложные естественные колебания с временными масштабами от нескольких недель до десятков и сотен лет. При этом предполагается, что деятельность человека может оказывать заметное влияние на климат.

Для анализа такой сложной системы необходимо использовать различного рода глобальные модели. Создание их требует колоссальных вычислительных ресурсов, однако альтернативы им, по мнению специалистов, нет. Современные модели воспроизводят основные особенности поведения климата, но в тоже время они требуют и

дальнейшего совершенствования, поскольку они еще недостаточно качественно рассчитывают климат отдельных регионов и его изменения, считает ведущий специалист В.П. Мелешко из Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. Насколько достоверными можно считать прогностические оценки будущих изменений климата, пока трудно сказать. При подобных расчетах уравнения, описывающие основные климатообразующие процессы, интегрируются на несколько десятков или даже сотен лет. Из-за этого накапливаются систематические ошибки, которые влияют на точность прогноза. Во-первых,

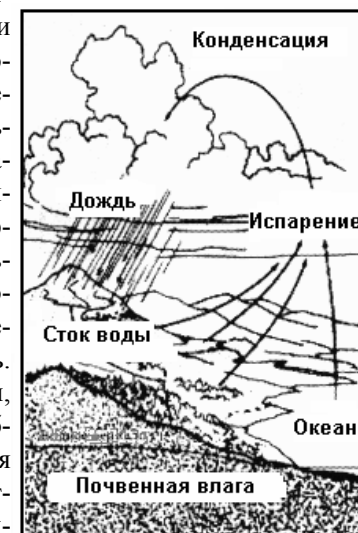


Рис. 1. Круговорот воды в атмосфере

считает Мелешко, невозможно оценить с высокой степенью достоверности тенденции будущего технологического развития мирового сообщества и изменения окружающей среды на достаточно долгое время. Как следствие, невозможно точно оценить будущий рост концентрации основных парниковых газов и аэрозолей в атмосфере. Во-вторых, современные модели недостаточно совершенны из-за относительно низкого пространственного разрешения и неточного описания климатически значимых физических процессов, которые определяют чувствительность глобального и регионального климата к антропогенному воздействию. Сегодня в научных центрах промышленно развитых стран применяют более двадцати моделей общей циркуляции атмосферы и океана. Однако не все они одинаково хороши: расчеты будущих изменений климата с помощью различных моделей при одних и тех же сценариях роста парниковых газов в атмосфере показывают некоторый разброс результатов, возрастающий с увеличением срока прогноза. Однако точность расчетов современного климата по многим независимым моделям вместе оказывается намного



выше, чем аналогичные расчеты по одной, даже самой лучшей, модели, полагает Мелешко.

Под погодой обычно понимают совокупность значений метеорологических элементов (температура, давление, осадки, ветер, влажность воздуха, и др.) в любой точке планеты в определенный момент или за ограниченный промежуток времени (сутки, неделя, месяц). Существует предел предсказуемости погоды, исчисляемый обычно двумя-тремя неделями. Наука о земной атмосфере и происходящих в ней процессах называется метеорологией (от греческого слова *meteora* – атмосферные явления).

Климатология и метеорология тесно связаны друг с другом, ведь они изучают один и тот же объект – земную атмосферу и применяют близкие методы исследования. Метеорологи собирают первичную информацию о состоянии атмосферы с помощью метеорологических приборов и анализируют ее, используя методы статистического анализа. Результатом деятельности метеорологов является со-

ставление синоптических карт и таблиц на каждый день, а также предсказание погоды на несколько дней вперед. Климатологи занимаются усреднением результатов метеорологических наблюдений и выявлением закономерностей изменения тех или иных метеорологических показателей. Поэтому климатологи часто используют среднемесячные и среднегодовые данные по температуре, относительной влажности и др. Если показатели берутся за период не менее 30 лет, то это называется нормальным значением или просто нормой. Например, часто можно услышать из уст специалистов, что температура воздуха в данный месяц выше или ниже нормы на столько-то градусов. Термин «абсолютный» (минимум или максимум) применяется в тех случаях, когда отмечено минимальное или максимальное значение того или иного показателя из когда-либо наблюдавшихся за все время мониторинга (слежения) за состоянием погоды. Экстремальными (крайними) называются максимальное или минимальное значение метеорологической величины за конкретный период времени – месяц, год, столетие и т.д.



Как часто менялся климат на Земле

Климат на нашей планете всегда был подвержен сильным колебаниям. Об этом свидетельствуют многочисленные данные геологии, геохимии, археологии, палеонтологии и климатологии. На протяжении 4.6 млрд. лет существования нашей планеты неоднократно теплые периоды сменялись холодными, а холодные – теплыми (рис. 2). Например, около 900 млн. лет назад на Земле произошло, по крайней мере, три мощных оледенения, из которых Лапландское оледенение (600 млн. лет назад), по мнению специалистов, было самым крупным за всю историю нашей планеты. Одной из причин начала этих оледенений, пишет известный российский палеонтолог К.Ю. Еськов в своей замечательной научно-популярной книге «История Земли и жизни на ней» (2004), специалисты считают так называемый

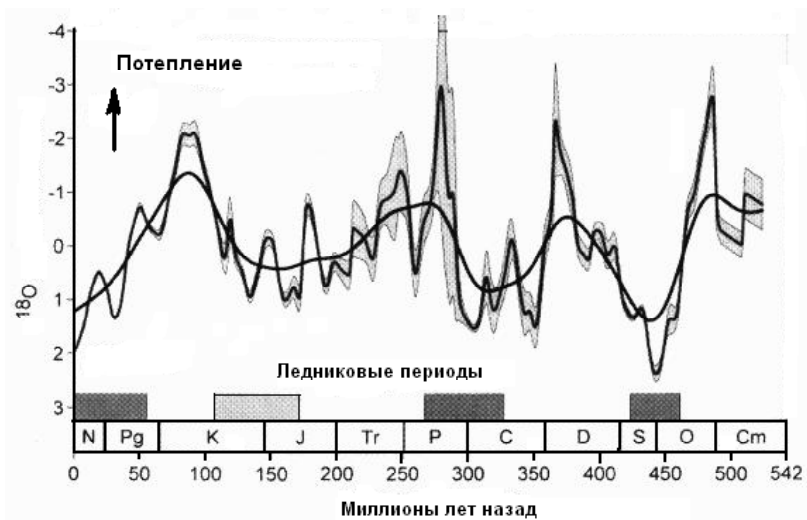


Рис. 2. Изменение климата на Земле в последние 540 млн. лет по данным соотношения изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в раковинах и скелетах морских организмов (по: <http://schools-wikipedia.org/wp/o/Oxygen.htm>)

обратный парниковый эффект, когда в атмосфере планеты отношение кислорода к углекислому газу смещается в сторону кислорода, в результате планета начинает гораздо хуже удерживать тепло, доставляемое Солнцем. Нередко представления о климате Земли в прошлом, сложившиеся у европейских ученых еще в XIX в. и распространенные и в наше время, являются ошибочными, считает Еськов. Так, например, представление о том, что в каменноугольный (карбоновый) период климат был теплым и влажным, а с конца этого периода в связи с усилением горообразования, охватившим в следующем (пермском) периоде весь земной шар, влажный климат почти повсеместно сменился сухим мало соответствует действительности, пишет Еськов. Дело в том, что в разных частях Земли в период карбона климат мог быть совершенно разным. На территории современной Европы и Северной Америки климат был сходен с таковым в Китае и Индии, но радикально отличался от климата в Южном полушарии и северной части Азии. Причины таких климатических различий, существовавших в позднем палеозое, объясняются тем, что одни части суши

располагались на тогдашнем экваторе, а другие — вблизи полюсов. Судя по распространению древней растительности на Земле, широтная климатическая зональность была минимальной в девоне и в начале карбона, усилилась в позднем палеозое, вновь ослабла в мезозое, а потом опять начала усиливаться, достигнув своего максимума в настоящее время. Периоды существования контрастного климата с холодными полюсами, как в далекую позднепалеозойскую, так и в современную кайнозойскую эры, специалисты называют криозэрами (от греческого *kryos* — холод), а выровненного по всей Земле климата, соответственно, термоэрами. Примером термоэры может служить мезозой с его теплым климатом и слабым температурным градиентом между тропиками и полюсом (таблица). В рамках термоэр, отмечает Еськов, неоднократно происходили свои похолодания, однако масштабы даже крупнейших из них не идут ни в какое сравнение с ледниковыми периодами криозэр. В мезозое приполярные области были очень теплыми, судя по составу их флоры и фауны, что требует куда более интенсивного, чем сейчас, переноса тепла мощными течениями типа Гольфстрима от экватора к полюсу. В экваториальной зоне (где ныне находятся дождевые тропические леса) растительность была ксерофильной, что является показателем аридных (т.е. пустынных) условий. По мнению специалистов, климат в эру мезозоя на большей части Земли был близок к субтропическому и теплоумеренному климату средиземноморского типа. В мезозое, как полагает Еськов, отсутствовал не только бореальный климат (как в тундре и тайге), но и тропический климат современного типа.

Изабель Монтаньез с факультета геологии Калифорнийского университета и ее коллеги из нескольких других университетов США опубликовали в наиболее авторитетном научном журнале «*Science*» (2007) результаты их анализа изменений CO_2 в атмосфере и сопряженных с ними изменений климата и наземной растительности, происходивших в начале пермского периода (320–280 млн. лет назад). Для определения концентрации CO_2 авторы применяли несколько методов, в частности — метод, основанный на оценке содержании стабильного изотопа углерода ^{13}C в кальцитах, образовавшихся в древних почвах на поверхности континентов, в минерале гетите (названном в честь Гете), а также в остатках ископаемых растений. Конец



Рис. 3. Ледниковый покров Северной Америки в плейстоценовый период (линия указывает южную границу ледника, стрелки – направленность его движения; по: Дж. Вайсберг, 1980)

долгое время держалась на уровне 1–2°C, после чего повысилась до 5°C, а, начиная с середины миоцена (15 млн.) и до начала плиоцена (5 млн.), температура понизилась с 5 до 0°C (таблица).

На протяжении последних 1.8 млн. лет уже в наш так называемый четвертичный (антропогенный) период происходило неоднократное чередование ледниковых и межледниковых циклов (всего около 22). За последний миллион лет произошло 8 наиболее холодных периодов, когда гигантский ледяной щит достигал в Европе широт Киева, а в Северной Америке – Чикаго (рис. 3).

По данным специалистов разрастание ледниковых щитов близ полюсов сказывалось не только на климате в высоких широтах, но и в экваториальных районах. На экваторе происходило иссушение тропического пояса. Установлено, что дождевые тропические леса Южной Америки периодически съеживались до нескольких десятков крохотных резерватов в среднем течении Амазонки, оставшуюся территорию занимали сухие саванны. К.Ю. Еськов полагает, что есть серь-

палеозойской эры отмечен переходом от долго длившегося и охватившего большую часть Земли оледенения к глобальному потеплению. Анализ показал, что за это время содержание CO_2 в атмосфере, вначале примерно равное современному, впоследствии возросло в 10 раз. По мере повышения температуры менялся характер наземной растительности в тропиках – она становилась более сухолюбивой.

Если 67–45 млн. лет назад в период с начала эпохи палеоцена до середины эоцена средняя глобальная температура воздуха колебалась в пределах 8–12°C, то в эпоху олигоцена (36–26 млн. лет назад) она

езные основания считать, что пустыни наиболее распространенного ныне на Земле средиземноморского типа (Сахара, Каракумы, Большая пустыня в Австралии) возникли лишь в плейстоцене. Если пустыни берегового типа (Намиб, Атакама), где к жарким побережьям подходят холодные морские течения и практически нет осадков, и центральноазиатского (Гоби, Бетпак-Дала), где небольшие осадки равномерно выпадают в течение всего года, являются постоянными, то средиземноморские пустыни становятся таковыми временно, в зависимости от глобальной климатической обстановки. Специалистами установлено, что длительность ледниковых периодов (70–120 тыс. лет) в среднем значительно превышала продолжительность межледниковых пауз (10–20 тыс. лет).

Американские специалисты с помощью специальной программы картирования подробно исследовали изменения климата за последние 450 тыс. лет. Были восстановлены ландшафты, температура поверхности воды и орография (расположение гор). Методами спектрального анализа различных косвенных показателей климата были установлены три периодичности колебаний климата в течение 450 тыс. лет. Период в 100 тыс. лет был связан с периодом колебания отношения расстояния от Солнца до Земли к длине главной оси земной орбиты. Периодичность в 40–43 тыс. лет связана с периодическими изменениями угла наклона плоскости экватора к плоскости орбиты Земли. Третий период порядка 19–23 тыс. лет был связан с прецессиями (медленными движениями оси вращения Земли по круговому конусу) земной орбиты. Российский климатолог Е.П. Борисенков (1982) считал, что колебания ледниковых – межледниковых периодов в эпоху плейстоцена в значительной мере были обусловлены изменениями приходящей на Землю солнечной радиации, возникшими в результате колебаний параметров земной орбиты.

Наиболее полные данные об изменении климата за последние 150 тыс. лет получены с помощью бурения и ана-

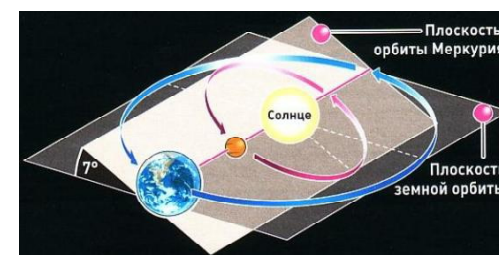


Таблица. Геохронологическая шкала планеты Земля (рисунки из П. Кемпа и К. Армса, 1988)

Начало (млн. лет)	Эра	Период Эпоха	Эволюционные события
0.01	К А Й Н О З О Й	Четвертичный Голоцен	
1.8		Плейстоцен	
5		Третичный Плиоцен	
25		Миоцен	
36		Оligоцен	
55		Эоцен	
67		Палеоцен	
138	М Е З О З О Й	Мел	
205		Юра	
248		Триас	
290	П А Л Е О З О Й	Пермь	
354		Карбон	
420		Девон	
445		Силур	
495		Ордовик	
540		Кембрий	

лиза колонок континентальных льдов в Антарктиде и Гренландии. Другой современный метод – радиоуглеродный анализ (анализ соотношения изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) позволил получить достаточно точные данные об изменении климата на протяжении последних 50 тыс. лет. Результаты двух независимых анализов показали, что последний ледниковый период начался около 80 тыс. лет назад и закончился примерно 10–15 тыс. лет назад. Таким образом, мы живем в межледниковую фазу, до окончания которой остается не так уж много времени по геологическим меркам – 1–2 тысячи лет, а, возможно, и еще меньше.

С.Ю. Попов (2005) попытался сравнить облик Европы в период, когда наблюдалось одно из наиболее мощных из охватывавших Европу в четвертичном периоде оледенений – Московское (150 тыс. лет назад) – и современный облик, с учетом того, как мог бы выглядеть растительный покров в отсутствие человека. Хорошо известно, что интенсивная хозяйственная деятельность человека привела к существенным изменениям в характере растительности. Из-за регулярных вырубок или полного сведения лесов, распашки земель и выпаса скота, искусственных насаждений различных культур и интродукции новых видов уже трудно решить, в какой степени нынешнее распределение растительности обусловлено климатом, а в какой – вмешательством человека. Как мог бы выглядеть растительный покров сегодня при отсутствии антропогенной нагрузки? С определенной долей допущения это можно понять, считает автор, если проанализировать распределение растительности в местах, еще не затронутых или мало затронутых деятельностью человека, и сравнить его с реконструкциями растительности во времена со сходными климатическими условиями, но до возникновения сельского хозяйства. Сравнительный анализ, проведенный Поповым, показал, что современная растительность Европы могла соответствовать той, которая существовала во время климатического оптимума голоцена до начала активного воздействия человека на естественные ландшафты 5 000 лет назад.

Согласно данным известного российского геофизика В.В. Клименко, в последние 10 тыс. лет, в так называемый голоценовый период, климат сильно изменился. После окончания ледникового периода началось быстрое потепление климата (рис. 4). До этого времени Европа была покрыта огромным ледовым щитом, содержащим при-

мерно такой же объем льда, как покрывающий поверхность современной Антарктиды.

Над Москвой максимальная толщина льда составляла 300–400 м, центр этого ледового щита располагался над Скандинавией. Второй такой же мощный ледовый щит располагался над Северной Америкой (см. рис. 3). Эти ледовые щиты хранили в себе огромное количество воды, в результате уровень Мирового океана был на 120 м ниже современного. Это значит, что все континенты, кроме Антарктиды, соединялись друг с другом сухопутными мостами.

После освобождения Земли от континентальных ледовых щитов наступил довольно продолжительный период, при котором температура была существенно выше современной – на 1–1.5°C (рис. 4). Этот период получил название климатического оптимума голоцена. Это был век чрезвычайно благоприятных природных и климатических условий, он предшествовал появлению человеческой цивилизации. Именно благодаря этим благоприятным условиям, считают специалисты, стало активно развиваться скотоводство и земледелие в Северной Африке, на Среднем Востоке и в долине Инда в Индии.

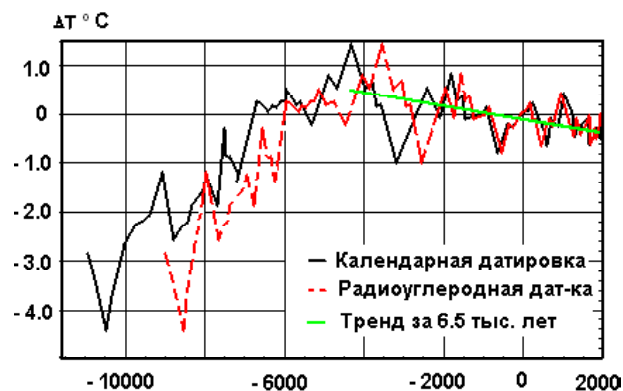


Рис. 4. Изменение климата на Земле в последние 10 000 лет (по вертикальной оси – средняя глобальная температура, рассчитанная в отклонениях от нормы 1951–1980 гг.; по горизонтальной оси – время от окончания ледникового периода до наших дней; по: В.В. Клименко, 2005)

Современные спутниковые съемки показывают наличие высохших русел рек в пустыне Сахара, это свидетельствует о том, что около 5 тыс. лет назад через Сахару протекали полноводные реки и на ее территории присутствовала растительность. Этот климатический оптимум властвовал на планете примерно в течение 4 тыс. лет (8000–4000 лет назад). Около 4 тыс. лет назад в Северном полушарии началось похолодание, в результате чего многие субтропические области превратились в пустыни, а климат высоких широт стал более суровым (рис. 4). Это привело к исчезновению целых культур в Аравии, Сахаре, долине Инда и др. Люди переселились на возвышенности в долины Тигра, Евфрата и др., образовав новые цивилизации.

В IV–III вв. до н. э. установился очень холодный период, по времени исторически совпадающий со временем ранней античности. Затем начался длительный период потепления климата вплоть до третьего столетия нашей эры, который затем сменился выраженным похолоданием (рис. 5). В VI в. вновь началось мощное потепление климата.

В течение последних 800 лет, как показали данные, полученные с помощью палеодендрологического метода (когда о сезонной температуре воздуха судят по ширине колец на срезах окаменевших

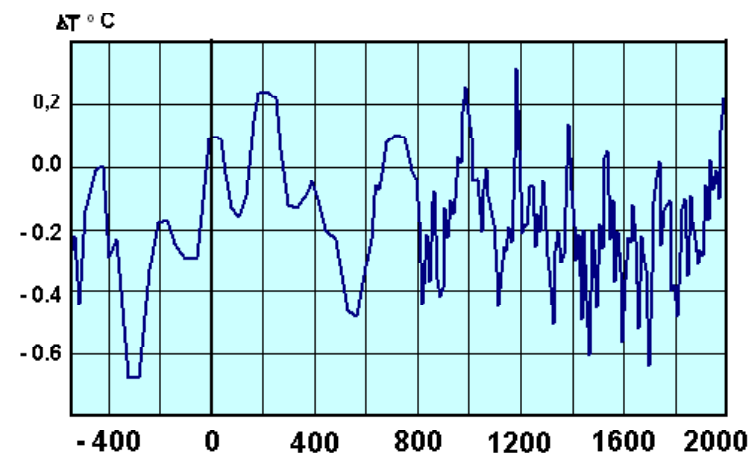


Рис. 5. История изменения климата на Земле в последние 2600 лет (по: В. В. Клименко, 2005)

деревьев), наблюдалось около шести относительно холодных и шесть теплых периодов продолжительностью от 60 до 90 лет.

В теплый период (700–1350 гг.), названный специалистами малым климатическим оптимумом, температура была примерно на 1.5°C выше, чем в последующий период, и несколько выше, чем во время потепления 20–40-х гг. XX в. Увеличилось и количество осадков. Ледовая обстановка в Северной Атлантике стала благоприятной для плавания древних лодок, пишет в своей книге Е.П. Борисенков (1982). Только благодаря мощному потеплению викинги смогли достичь Гренландии и основать там поселения. В Гренландии в это время росли леса, южная часть острова была покрыта зелеными лугами. Недаром его называли Зеленой землей. В этот период установились контакты между жителями Европы и Северной Америки. Во время потепления усилилось экваториальное западное течение, уменьшилось количество штормов в тропиках. Это благоприятствовало длительным плаваниям полинезийцев в экваториальных водах и культурному обмену между народами. В России во время потепления в X в. новгородцы добрались до берега Русской Арктики, а в 1132 г. ходили к Железным (Карским) воротам по морю. В Европе максимум потепления пришелся на 1200–1300 гг., в этот период нередко происходили засухи, наводнения, ураганы. Хотя в целом экстремальные климатические ситуации случались реже, чем в холодные эпохи.



Далее наступило похолодание, охватившее несколько веков (XIV–XVII). Его часто называют малым ледниковым периодом. Недаром во времена правления Петра Первого часто строили ледяные дворцы на Неве. По льду можно было ходить и ездить до середины мая. Толщина стен старых домов в Петербурге превышала полметра. В Москве, например, 28 июля 1601 г. ездили на сани, отмечает В. В. Клименко (2005). Летние заморозки – июльские и августовские – повторялись три года подряд, в результате этого в Россию пришли чудовищные неурожаи. Это была настоящая гуманитарная катастрофа, известная историкам как «несчастное правление» Бориса Годунова, за которым, в конце концов, последовало крушение государ-

ства. Еще более тяжелый период наступил в конце XVII в. Последнее десятилетие XVII в., по-видимому, было самым холодным за последние несколько тысяч лет (см. рис. 5). «Что же происходило в это время в Европе?» – задает вопрос Клименко. И отвечает – Европа вымирала. Население Финляндии, Эстляндии, Лифляндии, северо-западной России, Шотландии, Дании, северной Германии за это время уменьшилось на 30–40%. В результате постоянных неурожаев и голода в Европе умерли многие миллионы людей. В Голландии все водоемы замерзали, жители катались на коньках. Граница леса в горах в Центральной Европе опустилась почти на 200 м. Длина вегетационного периода роста растений сократилась почти на три недели. Полярные льды вновь сковали Гренландию и Исландию. Европейские поселения в Гренландии оказались отрезанными от Европы. Температура поверхности океана была на 0.5°C меньше, чем в XX в. Сильно возросла неустойчивость атмосферы, усилилась циклоническая деятельность, участились наводнения. В Альпах горные ледники вновь начали увеличиваться. Максимум оледенения в горах Европы достигло в 1660 г. Второй максимум оледенения наблюдался в районе 1820 г. после сильного похолодания в 1812–1817 гг. В Европе регулярно происходили неурожаи зерна и винограда. В России на XV–XVII вв. приходилось наибольшее количество голодных лет. В некоторых районах Китая из-за сильных морозов в 1654–1676 гг. почти полностью вымерзли апельсиновые деревья. Резко снизились урожаи в Японии. Для малого ледникового периода были характерны климатические аномалии и на Американском континенте.

Однако не следует считать, что весь период был холодным. Время от времени наблюдались теплые годы, иногда подряд. Так, например, в Швейцарии с 1525 по 1569 гг. наблюдалось 48 теплых и всего 21 холодный летний месяц, а между 1570 и 1600 гг. – 26 теплых и 44 холодных летних месяца.

С середины XIX в. увеличивается число мягких зим, вновь улучшаются ледовые условия в Арктике, дождливых лет с наводнениями становится меньше. Начинается очередное потепление климата в Северном полушарии. Отчетливо проявляется температурный тренд с максимумом потепления в высоких широтах в 30–40-х гг. XX в. (рис. 6). Если в малый ледниковый период льды сковывали побере-

жье Исландии около 140 дней, то в 1920–1939 гг. всего 14–20 дней. Резко уменьшилось количество арктических льдов. Так, в восточном секторе Арктики площадь льдов в период с 1924 по 1945 гг. сократилась почти на 1 млн. км². Именно благодаря этому удалось наладить перевозку грузов на судах по Северному морскому пути. Началось сильное отступление горных ледников в Альпах. Один из ледников отступил почти на 1500 м. Сходная картина наблюдалась на Шпицбергене, в Гренландии, Скандинавии, на севере Канады, в Кордильерах Северной Америки. Уменьшились в размерах ледники на Алтае, Памире, Кавказе, в Турции и даже в горах Восточной Африки. Граница вечной мерзлоты на всей протяженности земного шара отступила на север, а температура мерзлых пород повысилась в начале 40-х гг. примерно на 2°C.

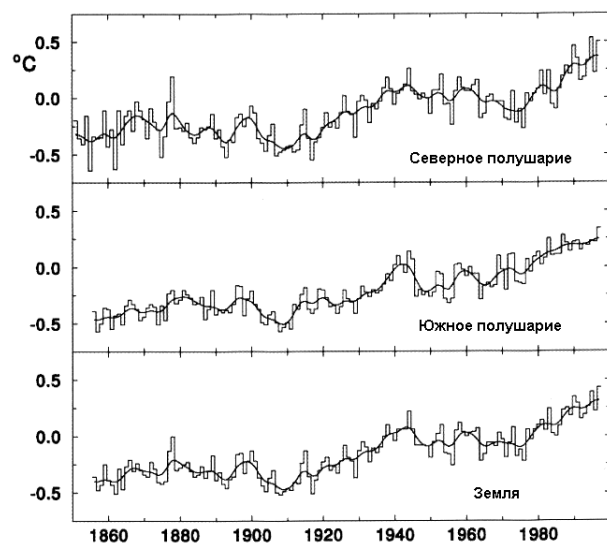
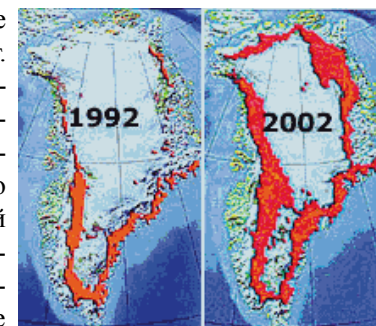


Рис. 6. Изменение глобальной температуры в Северном и Южном полушариях Земли (по вертикальной оси — величина отклонения ежегодной температуры от средней температуры за период 1961–1990 гг.)

В середине 40-х гг. XX в. началось временное похолодание, которое характеризовалось понижением температуры воздуха, нестабильностью атмосферных явлений. Это похолодание не было повсеместным, оно носило четко выраженный региональный характер. Так, температура поверхности воды в Северной Атлантике снизилась примерно с 12 до 11°C. Вновь начали наступать горные ледники. Потом наблюдался период повышения температуры (конец 50-х — начало 60-х гг.), который сменился периодом похолодания, достигшим максимума в середине 60-х гг. После этого климат опять стал теплеть.

Современное потепление климата

Современное потепление климата началось в середине 70-х гг. XX в., оно в значительной мере повторяет предыдущее сильное потепление 1920–1940 гг., хотя есть и заметные различия (см. рис. 6). Так, по данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата, потепление последних десятилетий охватило не только Северное полушарие, но и тропическую зону.



Кроме того, сейчас в высоких широтах Северного полушария тенденция к повышению температуры наблюдается, главным образом, в холодное время года, в то время как в начале прошлого столетия потепление происходило одновременно, зимой и летом. Однако не во всех частях Северного полушария наблюдаются одинаковые изменения климата. Например, в Греции климат не потеплел. В России не стало теплее в районе Северного Кавказа, на Черноморском побережье, Средней Волге и ряде других регионов.

В целом на планете во второй половине XX в. ночные минимальные значения температуры воздуха над сушей увеличивались примерно на 0,2°C за десятилетие, дневные — на 0,1°C. На территории России потепление за последние 35 лет оказалось более существенным по сравнению с глобальным — температура выросла на 1,5°C.

Потепление маскируется большой естественной изменчивостью температуры, – в отдельные годы в некоторых регионах наблюдались и похолодания. Однако при осреднении за большие интервалы времени (20 лет и более) потепление можно наблюдать достаточно отчетливо. Зимой во многих регионах стало больше дней, характеризующихся оттепелью. За те же последние 35 лет на территории России наблюдалось уменьшение осадков в теплое время года и рост годового стока на многих крупных реках.

Рост температуры поверхности Мирового океана оказался в среднем вдвое меньше, чем температуры у поверхности земли. Приблизительно 80% тепла, которое было добавлено к современной глобальной температуре с 1961 г., было принято океанами. Они прогрелись на глубину до 3000 м. Это приводит к тому, что теплая вода, имея более низкую плотность, чем холодная, занимает больший объем. В результате океаны расширяются и повышается их уровень. Кроме того, тропические циклоны (ураганы, тайфуны) теперь получают от более теплой воды больше энергии для формирования, штормы становятся более частыми и сильными. Приблизительно с 1970 г. наблюдается увеличение деятельности циклонов в Северной Атлантике, сопровождающееся повышенными температурами морской поверхности, и тенденция к этому сильнее, чем могли бы предсказать климатические модели.

О значительном потеплении климата в последние три десятилетия свидетельствует и рост показателя глобального изменения погоды – индекса Северо-Атлантического Колебания (САК или NAO). Ежемесячное значение индекса САК обычно используется в качестве показателя метеорологической ситуации в Европе, Северной Америке и Канаде зимой и ранней весной (в марте). А в недавних исследованиях он был применен для Северной Африки и Северной Азии. Индекс САК вычисляется как разница между нормализованными показателями атмосферного давления в районе Азорских о-вов (область высокого давления) и Исландии (область низкого давления) отдельно для каждого месяца (рис. 7).

Позитивные показатели САК характеризуют такую погодную ситуацию в Европе зимой и в начале весны, при которой наблюдается выраженный зональный перенос теплых воздушных масс с запада

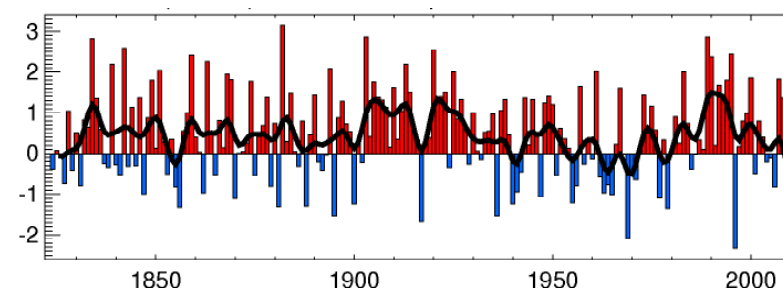


Рис. 7. Колебания глобального погодного индекса Северо-Атлантического Колебания в декабре-марте (no: <http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/.../naoi.htm>)

(с Атлантического океана), приводящий к повышению температуры воздуха и уровня осадков в Северной Европе. В Португалии, Испании и Северной Африке, наоборот, высокие показатели индекса связаны с уменьшением уровня осадков в зимний период. Напротив, негативные показатели САК характеризуют ослабление западного переноса теплых воздушных масс и усиление меридионального переноса, что приводит к понижению температуры и осадков в северной части Европы. Ежемесячные индексы САК (NAO) архивируются в Национальном океаническом и атмосферном центре (National Oceanic and Atmospheric Administration's Climate Prediction Center) с 1868 г. и доступны на соответствующем сайте в Интернете.

В Южном полушарии таким глобальным показателем изменения климата служит индекс Южного Колебания (ЮК). Индекс ЮК вычисляется как разница между нормализованными показателями атмосферного давления в районе Дарвинских о-вов и Таити также отдельно для каждого месяца (рис. 8). Он указывает на перераспределение воздушных масс между двумя указанными регионами в процессе общей циркуляции.

Согласно спутниковым данным, к концу XX в. произошло уменьшение площади снежного покрова примерно на 10%. Площадь и толщина морского льда в Северном полушарии в весенний и летний периоды сократилась почти на 15%. Лед в океане тает, теряя приблизительно 2.7% своей площади в десятилетие. За последние полвека температура на юго-западе Антарктики возросла на 2.5°C. В 2002

г. от шельфового ледника Ларсена, расположенного на Антарктическом полуострове, откололся огромный айсберг площадью свыше 2500 км². Весь процесс разрушения занял всего 35 дней. До этого ледник оставался стабильным в течение 10 тыс. лет, с конца последнего ледникового периода. На протяжении тысячелетий мощность этого ледника уменьшалась постепенно, но во второй половине XX в. скорость его таяния существенно возросла. Разрушение ледника привело к выбросу большого количества айсбергов (свыше тысячи) в море. Тают и другие ледники. Так, летом 2007 г. от шельфового ледника Росса откололся айсберг длиной 200 км и шириной 30 км; несколько раньше, весной 2007 г., от антарктического материка откололось ледяное поле длиной 270 км и шириной 40 км. Скопление айсбергов препятствует выходу холодных вод из моря Росса, что приводит к нарушению экологического баланса. Одним из следствий этого, например, является гибель пингвинов, лишившихся возможности добраться до привычных источников питания из-за того, что лед в море Росса держался в последние годы дольше обычного.

Согласно наблюдениям ученых, параллельно отмечается всемирное отступление горных ледников. Впервые за 11 тыс. лет практически полностью растаяли ледники и снега, покрывающие вершину Килиманджаро (высочайшей горы в Африке). По их прогнозам, это должно было произойти только в 2020 г. Гора Килиманджаро счи-

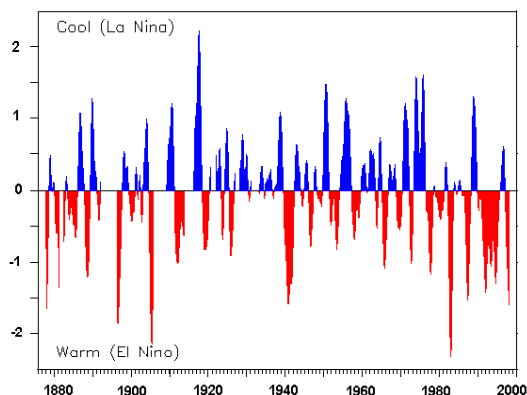


Рис. 8. Колебания глобального погодного индекса Южного Колебания
(no: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/ctl/clisci10.html>)

тается прекраснейшим украшением Танзании. При высоте 5890 м она является самой высокой африканской горой. Килиманджаро это спящий, но не потухший вулкан. Специалисты отмечают, что в настоящее время также ускорился процесс таяния гималайских ледников, что может вызвать недостаток воды в тех регионах Индии, Китая и Непала, которые пользуются ресурсами горных рек, питаемых ледниками.

Тает лед и в областях вечной мерзлоты, указывают российские ученые, в частности А.В. Павлов (2001). До настоящего времени грунт здесь был полностью заморожен (рис. 9). С 1900 г. Северное полушарие потеряло приблизительно 7% почвенной мерзлоты. С начала 1970-х гг. температура многолетнемерзлых грунтов в Западной Сибири повысилась на 1°C, в центральной Якутии — на 1–1.5°C. На севере Аляски с середины 1980-х гг. температура верхнего слоя мерзлых пород увеличилась на 3°C. Повышается риск выброса из грунта еще пока замороженного метана, который является очень сильным парниковым газом.

Средний уровень Мирового океана повысился на 0.1–0.2 м. С 1961 по 2003 гг. уровень моря повышался приблизительно на 1.8 мм ежегодно. Эта скорость

увеличилась за последние десять лет до 3.1 мм ежегодно. По данным западных ученых одновременно идет закисление океанов. Увеличивающееся содержание углекислого газа в воздухе и поглощение газа океаном приводит к формированию угольной кислоты. Концентрация CO₂ по состоянию на 2005 г. увеличилась на 35% по сравнению с доиндустриальным периодом (до 1750 г.). В результате морская вода становится все более кислой. Значение pH в поверхностных водах упало прибли-

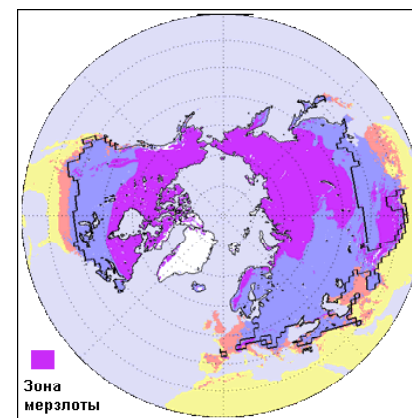


Рис. 9. Зоны вечной мерзлоты в Северном полушарии
(no: <http://www.evangelie.ru/forum/t58739-28.html>)

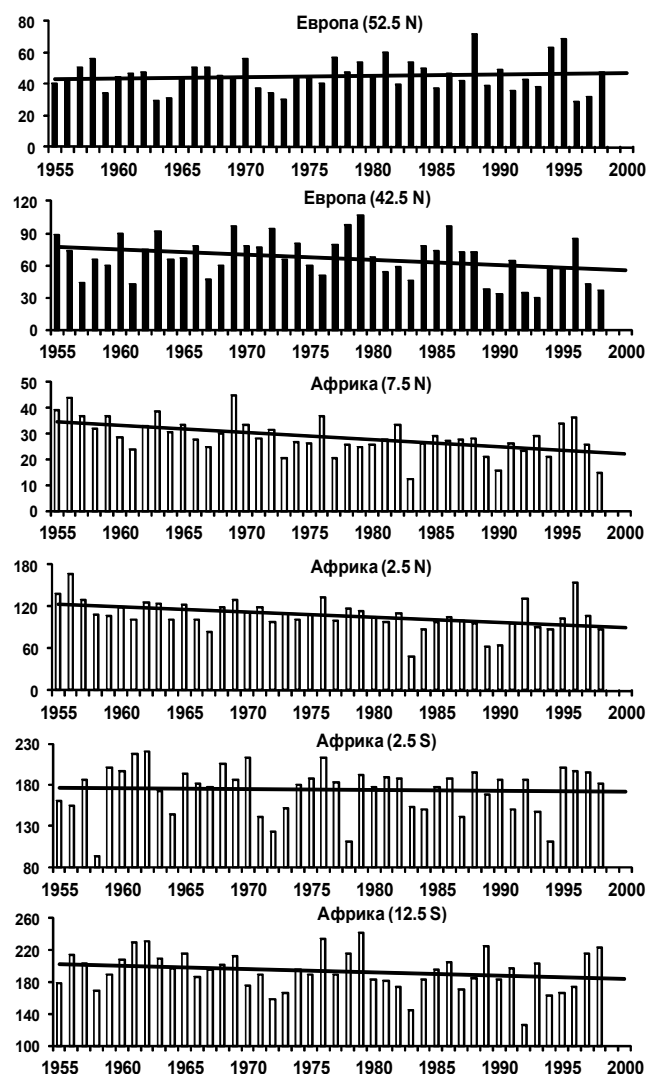


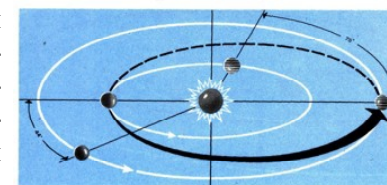
Рис. 10. Изменение уровня осадков на разных широтах в Европе и Африке (по: Л.В. Соколов, 2006)

тельно на 0.1 единицы с доиндустриальных времен и может уменьшиться в дальнейшем от 0.14 до 0.35 в XXI столетии.

Количество атмосферных осадков увеличилось на 0.5–1% за последнее десятилетие в большинстве высоких и средних широт Северного полушария, а вот в Южной Европе и Северной Африке, наоборот, в последние десятилетия наблюдается значительное сокращение осадков, что часто приводит к сильным засухам (рис. 10).

Причины изменения климата

Многие климатологи считают, что колебания климата могут быть вызваны разными естественными причинами: астрономическими (связанными с изменениями параметров земной орбиты и процессами, происходящими на Солнце или в Солнечной системе), геофизическими (обусловленными свойствами самой Земли как планеты, например, вулканической деятельностью) и циркуляционными (вызванными процессами, происходящими в атмосфере). Источником изменения параметров земной орбиты является меняющееся гравитационное поле в системе планет Солнечной системы. Вследствие изменения наклона земной оси (прецессии) меняется продолжительность сезонов: каждые 10.5 тыс. лет на каждом полушарии короткие зимы сменяются длинными. В этом специалисты усматривают одну из причин колебаний климата в геологическом масштабе. Изменение положения земной оси приводит к изменению видимого движения звезд. Через 13 000 лет, когда земная ось сместится на половину описываемой ею окружности, новой полярной звездой станет Вега вместо Полярной звезды (рис. 11).



Согласно сербскому астроному М. Миланковичу, работавшему в первой половине прошлого столетия, наступление ледниковых периодов можно связать с изменениями летней инсоляции (поступлением солнечной радиации) в высоких широтах обоих полушарий, что, в свою очередь, обусловлено регулярными изменениями положения земной орбиты. Орбита Земли становится то более вытянутой

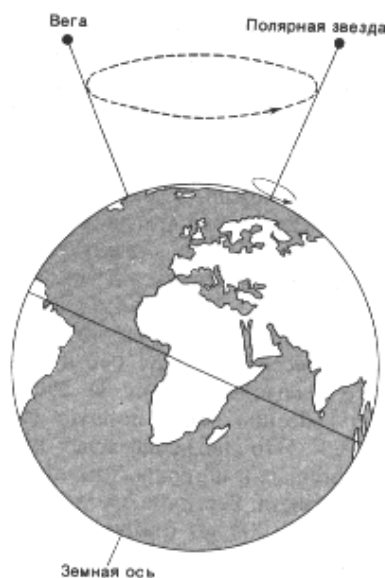


Рис. 11. Изменение положения земной оси через 13 000 лет

Миланковича удовлетворительно описывает динамику похолоданий и потеплений внутри ледникового периода, однако, к сожалению, не отвечает на вопрос о наступлении самого этого периода. Поэтому с середины 1950-х гг., пишет К.Ю. Еськов, стал расти интерес к гипотезам, рассматривающим динамические взаимодействия в системе «оледенение – океан – атмосфера». Наиболее интересной является гипотеза американских климатологов М. Юнга и У. Донна (1956), согласно которой решающим условием возникновения оледенения в Арктике является увеличение притока несущих влагу воздушных масс и усиление снегопадов. В результате этого ледниковый покров начинает расти, альbedo (отражение солнечной радиации) увеличиваться, а температура – падать. Возникает вопрос, что же за фактор повышает саму влажность в арктических широтах. Авторы гипотезы отвечают – таким фактором является приток теплой воды из Северной Атлантики, приводящий к освобождению Ледовитого океана от его ледового покрытия. При отсутствии покрова из морских льдов океан

(эллипсоидной), то более круговой. Это приводит к изменению распределения солнечной радиации и, соответственно, потоков тепла. Исходя из «циклов Миланковича» можно выделить периоды наиболее сильного подъема глобальной температуры Земли – примерно раз в 100 тыс. лет, и периоды медленно-го остывания. Недавно эта теория подтвердилась исследованиями концентрации дейтерия (тяжелого водорода) в огромной колонке (керне) ледяного столба длиной в 3.5 км, взятой на станции «Восток» в Антарктиде. По относительному содержанию дейтерия можно судить об изменении температурного режима в прошлом. Специалисты отмечают, что теория

должен становиться мощным испарителем, в результате воздух над ним насыщается водяным паром, интенсивность снегопадов резко возрастает, а рост альbedo доводит падение температуры до ледниковой эпохи. Когда похолодание достигает той точки, когда Ледовитый океан вновь замерзает, начинается таяние ледника (дегляциация), поскольку теряется главный источник атмосферной подпитки самого ледника. Таяние ледника приводит к повышению уровня океана, теплое Северо-Атлантическое течение вновь прорывается в Арктику, морские льды тают, и цикл повторяется. Существование этой парадоксальной автоколебательной системы, в которой оледенение порождается потеплением, а дегляциация – похолоданием, недавно нашло, косвенное подтверждение при изучении донных отложений Атлантики, пишет Еськов. Оказалось, что в плейстоцене теплое течение Гольфстрим периодически исчезало, при этом выяснилось, что усиление Гольфстрима действительно совпадает с периодами похолоданий, и наоборот. Специалисты предполагают, что по достижении ледником некоего порогового размера над ним возникает (из-за высокого альbedo) постоянно действующий антициклон (область высокого атмосферного давления с низким уровнем осадков), который усиливается по мере роста ледника и, в конце концов, лишает его подпитки осадками.

Ряд авторитетных климатологов считает, что есть определенные факты, свидетельствующие о существовании связи между климатом и 11- и 22-летними циклами солнечной активности (рис. 12).

В частности, Е.П. Борисенков (1982) пришел к выводу, что период климатического оптимума в X–XIII вв. (1100–1250 гг.)

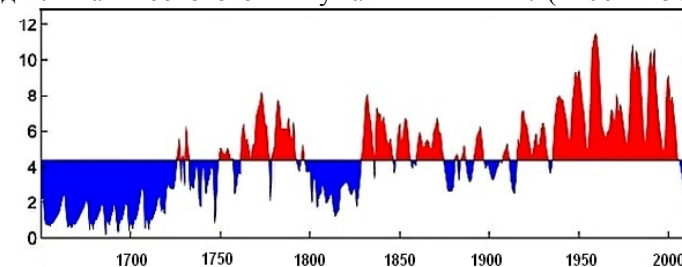


Рис. 12. Циклы солнечной активности

(no: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/magazine:0141217>)

соответствовал максимуму чисел Вольфа (W) – индексу солнечных пятен, а малый ледниковый период (1450–1700 гг.) – минимуму. Похолодание в 1812–1921 гг. также совпадает с минимумом солнечных пятен. Однако связь климатических изменений с циклами солнечной активности неоднозначна, так как слишком большое количество факторов воздействует на климат одновременно. Другие исследователи справедливо указывают, что выделение 11- и 22-летних циклов является условным. Реальные около 11-летние циклы варьируют по длине от 9 до 14 лет между минимумами солнечных пятен, от 7 до 17 лет – между максимумами. Длительность около 22-летних циклов изменяется от 18 до 26 лет.

Российский ученый Ю.А. Складов, наблюдавший на протяжении многих лет за излучением Солнца, пришел к выводу, что сегодняшняя светимость Солнца меняется очень незначительно. Изменения идут за счет 11-летнего цикла (помимо циклов в 85 и в 1000 лет). Но эти периоды меняют светимость в доли процента. С 1978 г. идет непрерывное измерение солнечного потока. Обнаружено, что оно меняется всего на одну десятую процента в ту или иную сторону каждые 11 лет. Есть еще фоновые изменения (повышения температуры Солнца), но они так же незначительны. Поэтому можно смело утверждать, считает ученый, что само Солнце – достаточно стабильный источник энергии. А вот на его поверхности часто происходит то, что мы называем солнечной активностью – вспышки. При вспышках Солнце выбрасывает тяжелые частицы, и это облако частиц летит в сторону Земли, возмущая ее электромагнитное поле. Вспышки это, конечно, грандиозное явление, но они длятся всего от 4-х до 15-ти минут. Поэтому они вряд ли заметно влияют на изменение климата, полагает Складов.

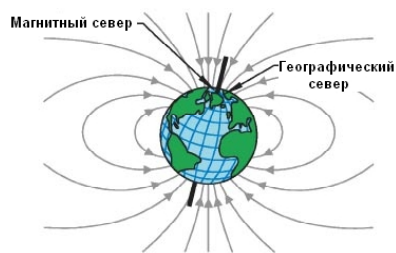
Расчеты специалистов показывают, что скорость вращения Земли меняется: в прошлом она была больше, в результате зональность климата была выражена сильнее, чем сейчас. Угловая скорость вращения Земли оказывает решающее влияние на циркуляцию атмосферы и океана (рис. 13). Из-за неравномерного нагрева экваториальных и полярных областей происходит расширение и поднятие атмосферы в низких широтах. Создается перепад давления и возникает меридиональная циркуляция, направленная к полюсам. При враще-

нии Земли поток воздуха отклоняется вправо в Северном и влево в Южном полушариях; в результате устанавливается доминирующая зональная циркуляция атмосферы, направленная с запада на восток. Этим и определяется зональность климата, формирование течений, циркуляция Мирового океана и др.

Некоторые исследователи пытаются выяснить роль магнитного поля Земли в формировании климата. Известно, что магнитные и геомагнитные полюса Земли постоянно смещаются. 12–15 тыс. лет назад в конце последнего ледникового периода северный геомагнитный полюс располагался на востоке Северного Ледовитого океана, около 200 г. до н.э. он находился значительно ближе к Европе, чем на рубеже эпох. В 300 г. н.э. полюс передвинулся на север Аляски, между 600 и 1000 г. он приблизился к Европе, около 1600 г. оказался в Баренцевом море, а затем удалился к Гренландии. Сейчас он вновь смещается к востоку. Мониторинг за состоянием и положением арктического магнитного полюса показал, что с 1973 по 1984 гг. его продвижение составило 120 км, а с 1984 по 1994 гг. – более 150 км. В последнее десятилетие скорость его дрейфа заметно увеличилась – с 10 км/год (1970-е гг.) до 40 км/год (2001 г.). Предполагается, что положение геомагнитных полюсов Земли регулирует механизмы влияния солнечной активности на атмосферу. Согласно этой гипотезе в те периоды, когда геомагнитный полюс был ближе к Европе, ее климат, особенно в холодные периоды, был теплее за счет поступления на континент морских воздушных масс. В периоды, когда полюс находился в восточной части Северного Ледовитого океана, на Европу двигались холодные арктические массы.



Рис. 13. Многолетние колебания индекса атмосферной циркуляции и скорости вращения Земли (по: Л.Б. Кляшторин, 1996)



В глубинах Земли, в ее расплавленной мантии постоянно происходят сложные процессы, приводящие к смещению литосферных плит, землетрясениям и извержениям вулканов. Литосферные плиты с находящимися на них континентами, вовлечены в движение вещества мантии Земли.

В геологическом прошлом положение материков и океанов принципиально отличалось от современного. Перемещения и расположение континентов в значительной мере определяли климат в прошлые эпохи. Согласно известному ученому С. Уеду (1980) в зоне «трения» литосферных плит образуются мелкофокусные землетрясения (с эпицентром на глубине нескольких десятков километров), в зоне «упора» и «разлома» плит – глубокофокусные землетрясения (с эпицентром на глубине до 600–650 км). Океаническое дно, по образному выражению специалистов, представляется гигантской конвейерной лентой, выходящей на поверхность в так называемых рифтовых зонах срединно-океанических хребтов и уходящей вглубь в глубоководных желобах (рис. 14). Когда твердая земная кора вдвигается в частично расплавленную мантию, выделяется огромная энергия напряжений, которая приводит к сильным землетрясениям и извержению вулканов. Предполагается, что именно благодаря деятель-

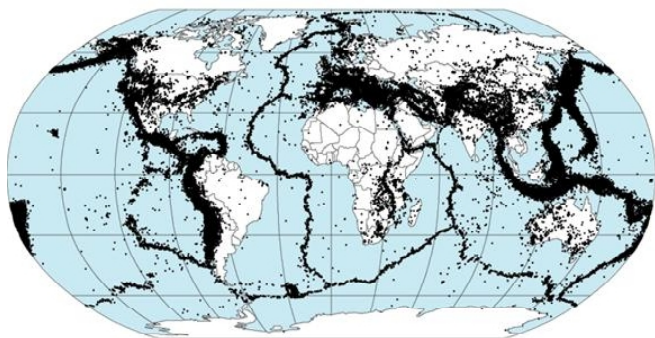
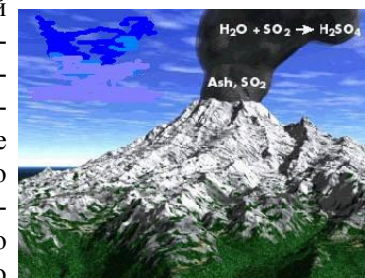


Рис. 14. Карта мест сильных землетрясений, случившихся на Земле в период с 1963 по 1999 г. (по: А.В. Галанин, 2011)

ности вулканов около 600 млн. лет назад закончилась эпоха великого оледенения на нашей планете и начался новый этап развития жизни.

По данным специалистов за всю историю Земли вулканы выбросили в атмосферу огромную массу вулканических продуктов, соответствующих массе земной коры толщиной порядка 33 км. Около 70–80% этого количества составляет водяной пар. Большая часть образовавшейся вследствие извержения вулканов атмосферы конденсировалась и образовала гидросферу Земли. Таким образом, атмосфера и гидросфера на Земле являются продуктом вулканической деятельности. Эволюция атмосферы и гидросферы продолжается и в настоящее время, поэтому вулканизм остается одним из решающих геофизических факторов формирования климата. Одно из наиболее впечатляющих извержений произошло около 75 тыс. лет назад, когда взорвался супервулкан Тобо на о. Суматра. Сейчас там находится озеро Тобо размером 100х30 км, которое по сути является затопленным кратером. Большинство кратеров такого размера, считают специалисты, появляются после падения метеоритов, но озеро Тобо возникло при взрыве мощнейшего вулкана. Последствия извержения стали поистине катастрофическими для нашей планеты. 800 кубических километров пепла были выброшены в стратосферу вместе с десятью миллиардами тонн серной кислоты, которая вызвала выпадение кислотных дождей по всему миру и создала в стратосфере своего рода экран, который в значительной мере отражал солнечный поток. В результате температура на всей планете упала более чем на 10 градусов по Цельсию, наступила вулканическая зима. Ученые предполагают, что извержение Тобы спровоцировало начало продолжительного ледникового периода, который стал причиной гибели не только многих видов животных, но и большей части доисторических предков современных людей. Согласно расчетам некоторых ученых, исследующих генетику человека, на Земле в то далекое время сумело выжить всего около 20 тыс. наших предков, т.е. доисторические люди прошли, по выражению специалистов, через узкое горлышко



бутылки, потеряв значительную часть генетического разнообразия. Правда, суровые климатические условия, возможно, стимулировали развитие мозга человека и ускорили его эволюцию. А 35 веков назад колоссальный взрыв вулкана (по силе превышающей в 10 раз мощность извержения на о-ве Кракатау) на заселенном людьми небольшом острове, находящемся в 160 км от о-ва Крит в Эгейском море, полностью уничтожил так называемую минойскую цивилизацию бронзового века, на несколько веков опередившую в своем развитии материковую цивилизацию древних греков. Некоторые археологи полагают, что это и есть та мифическая высокоразвитая Атлантида, описанная Платоном, которая опустилась на морское дно.

При извержении вулканов в атмосферу выбрасываются не только газовые компоненты, но и аэрозоли (твердые частицы, капельки жидкости), которые влияют на условия прохождения и поглощения ультрафиолетовой и инфракрасной радиации, а соответственно, и климат. Е.П. Борисенков (1982) полагает, что на климат в прошлом, настоящем и в будущем аэрозоль и газовые компоненты, включая CO_2 , оказывают решающее влияние. К концу прошлого столетия годовое поступление аэрозоля в атмосферу достигло порядка 2 млн. т, из которых более половины приходится на естественный аэрозоль, главным образом вулканического происхождения. Связь уменьшения солнечной радиации с извержениями вулканов установлена относительно давно. Так, например, под Петербургом (в Павловске) в 1912–1913 гг. коэффициент прозрачности атмосферы резко упал. Специалисты связали это с извержением вулкана Катмай на Аляске в 1912 г. Аналогичная картина наблюдалась и при извержении других вулканов в 1963 г., 1985 г. и др. Некоторые ученые вулканическим влиянием склонны объяснять не только кратковременные периоды похолодания климата, но и целые ледниковые эпохи. Английский климатолог Г.Г. Лэмб построил ход индекса вулканической деятельности с 1500 до 1980 гг. В период малого ледникового периода (XV–XVI вв. и начало XIX в.) согласно этому индексу действительно наблюдалась повышенная вулканическая деятельность. С 1913 г. до начала 1940-х гг. сильных вулканических извержений не происходило, и атмосфера в это время была более прозрачной. Однако, несмотр-

я на эти яркие примеры, не следует объяснять изменения климата лишь влиянием вулканической деятельности.

Ряд ученых считает, что климат может существенно изменяться и при падении на Землю огромных метеоритов (астероидов). В геологическом масштабе времени столкновения Земли с астероидами не так уж редки. За всю историю Земли на нее упало несколько тысяч астероидов диаметром около 1 км и десятки тел диаметром более 10 км. Основную опасность в глобальном масштабе представляют астероиды с радиусом больше 1 км. Столкновение с меньшими по размеру телами может вызывать значительные локальные разрушения (как в случае с Тунгусским метеоритом), но не приводит к глобальным последствиям. При падении больших метеоритов в атмосферу выделяется огромное количество аэрозоля, который препятствует проникновению солнечных лучей к поверхности планеты, что приводит к сильному понижению температуры. Наступает так называемая «астероидная зима».

Существует множество предположений о влиянии большого количества выброшенного в атмосферу аэрозоля на климат, пишет В.В. Пустынский в одной из своих статей (1997). Непосредственное изучение этих воздействий возможно при исследовании крупных вулканических извержений. Наблюдения показывают, что при самых мощных извержениях, сразу вслед за которыми в атмосфере остается несколько кубических километров аэрозоля, в ближайшие два-три года повсеместно понижаются летние температуры и повышаются зимние (в пределах $2\text{--}3^\circ\text{C}$, однако в среднем – значительно меньше). Происходит уменьшение прямой солнечной радиации, а доля рассеянной – повышается. Увеличивается доля поглощенного атмосферой излучения, температура атмосферы растет, температура поверхности падает. Тем не менее, считают некоторые исследователи, эти эффекты не имеют длительного характера, поскольку атмосфера достаточно быстро очищается. Примерно за полгода количество аэрозоля уменьшается десятикратно. Так, через год после



взрыва вулкана Кракатау в атмосфере сохранилось около 25 млн. т аэрозоля, по сравнению с начальными 10–20 млрд. т. Разумно предположить, считают некоторые специалисты, что после падения большого астероида очищение атмосферы будет происходить в том же темпе. Следует также учесть, что уменьшению потока получаемой энергии будет сопутствовать и уменьшение потока теряемой с поверхности Земли энергии, вследствие усиления ее экранирования возникает «парниковый эффект».

Несмотря на то, что так называемые парниковые газы (водяной пар, углекислый газ, и метан) составляют меньше 1% в атмосфере, они оказывают достаточно сильное влияние на глобальный климат. «Парниковый эффект» связан с тем, что эти газы хорошо пропускают коротковолновые излучения, поступающие от Солнца, и задерживают длинноволновое излучение, идущее от Земли в космос. Вследствие этого колебания количества CO_2 в атмосфере могут вызвать значительные изменения в тепловом балансе планеты. Таким образом, если вслед за падением астероида и произойдет падение температур на несколько градусов, уже через два-три года климат практически вернется к нормальному состоянию. Следовательно, хотя климатические последствия столкновения Земли с большим астероидом



будут ощущаться и через десять лет, о многолетней «ядерной зиме» говорить не приходится, считает Пустынский.

Важное значение имеют циркуляционные факторы, влияющие на климат. Достаточно детально эти факторы были исследованы

Г. Г. Лэмбом. Он пришел к выводу, что для Англии в последние 300 лет были характерны квазипериодические процессы с частотой 20–25 и 45–55 лет, которые играют существенную роль в изменении климата. Анализ циркуляционного режима в Европе показывает, что самые мягкие зимы и весны (1920–1929, 1959–1968 и 1983–2000 гг.) соответствуют периоду доминирования западных и юго-западных ветров при повышенной циклонической активности. В то время как теплые летние сезоны характеризуются выраженными антициклони-

ческими типами циркуляции над Западной и Центральной Европой (1940–1949 гг.). Десятилетия с холодными зимами соответствуют периодам с относительно слабой циркуляцией атмосферы (1970–1979 гг.). Холодные летние периоды (1970–1982 гг.) устанавливаются тогда, когда отмечается господство северных ветров. Частые восточные и северо-восточные ветра при наличии антициклонического режима циркуляции в Арктике приводят к холодной погоде в Европе. Суровые зимы с господствующими восточными ветрами отмечались в 1560–1569, 1690–1699, 1820–1829, 1890–1899 гг. и др. В XX в. наиболее холодные зимы в Европе отмечались в 1928–29, 1941–42, 1962–63, 1965–66 (замерзла большая часть Балтийского моря), 1978–79 гг. В то же время зимы 1973–75 и 1999–2000 гг. были настолько теплыми, что в Копенгагене до конца января цвели розы.

В целом в XX в. в Северном полушарии интенсивность западной циркуляции атмосферы, когда преимущественно наблюдается перенос теплых воздушных масс с Атлантики, возрастала, что и привело, по мнению многих ученых, к более теплоте по сравнению с XIX в. климату.

Повлиял ли на современный климат человек

Многие современные климатологи считают, что на протяжении последних 100 лет на климат существенное влияние оказывают так называемые антропогенные факторы. Согласно сторонникам широко известного «парникового эффекта», в результате хозяйственной деятельности человека (развития энергетики, индустрии и сельского хозяйства, сжигания древесины и ископаемого топлива, вырубки лесов и т.д.) атмосфера постепенно обогащается избыточными количествами газовых примесей (диоксидом углерода, метаном, хлорфторуглеродами и др.), которые влияют на радиационный баланс Земли, сдвигая его в сторону накопления тепла в нижней тропосфере. Это ведет к повышению глобальной температуры воздуха на планете. То есть,



предполагается, что увеличение содержания парниковых газов в атмосфере – основная причина современного потепления климата на планете. Поэтому считается, что если сократить их выбросы по всей планете, ограничивая промышленную деятельность человека (согласно Киотскому протоколу), то можно затормозить дальнейшее потепление климата, которое грозит большими проблемами для всего человечества.

В качестве основного довода в пользу гипотезы антропогенного глобального потепления приводится наблюдаемое последние 500 лет быстрое увеличение среднемировой температуры (рис. 15). По данным реконструкции американского профессора Дж. Поллака

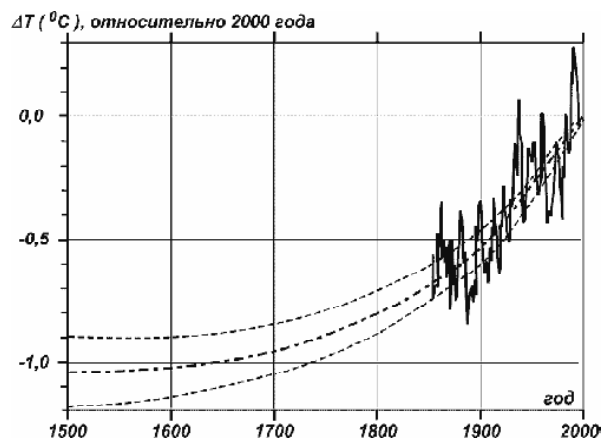


Рис. 15. Увеличение глобальной температуры за последние 500 лет (реконструкция по: J. Pollack, 2000)

(2000) заметное потепление началось уже 300 лет назад и скорость его за минувшее столетие увеличилась почти в два раза.

Однако есть ряд ученых в мире, в частности – в России, которые полагают, что повышенная концентрация углекислого газа в атмосфере есть следствие, а не причина потепления. Они указывают на то, что на нашей планете неоднократно наблюдались периоды глобального потепления в те далекие и не очень далекие времена, когда никакой промышленной цивилизации на Земле еще не было, да и самого человека, как вида, еще не существовало (см. предыдущие раз-

делы). Они полагают, что повышенная концентрация углекислого газа в атмосфере всегда сопровождает глобальные потепления, которые вызываются естественными причинами. В подтверждение этого они приводят данные о содержании CO_2 в пробах (кернах) льда, взятого в Антарктиде с глубин в 1 км и более. Лед прекрасно сохраняет пузырьки воздуха, которые можно исследовать на предмет присутствия углекислого газа, метана, кислорода, водорода и их изотопов. Анализ этих пузырьков воздуха (а такие данные по материалам станции «Восток» имеются за последние 420 тыс. лет) показывает, что содержание CO_2 в атмосфере демонстрировало циклические колебания. Наиболее значительные из них – с периодом в 100 тыс. лет (циклы Миланковича) – определяются регулярными изменениями параметров земной орбиты.



Недавно изучение кернов бурения со дна Северного Ледовитого океана показало, что десятки миллионов лет назад на Северном полюсе было очень тепло. В 2004 г. два ледокола пробили дорогу исследовательскому судну «Видар Викинг» к точке в 250 км от Северного полюса, расположенной над хребтом Ломоносова, который возвышается на 3 км над океанским дном. Здесь ученым удалось взять керн длиной 430 м. Предыдущие попытки приносили только до 10 м образцов. Исследователи установили, что около 55 млн. лет назад на Северном полюсе летом было около $+24^\circ\text{C}$. А около 43 млн. лет назад началось похолодание, причем на обоих полюсах одновременно. Таким образом, ученые пришли к выводу, что глобальные изменения климата происходили на планете регулярно.

Российские ученые профессор Д.Ю. Демежко и академик В.М. Котляков провели реконструкцию палеотемператур на основе исследований в Уральской сверхглубокой скважине и по данным бурения ледника Антарктиды. По этим данным можно четко выделить так называемое Вюрмское оледенение (18–20 тыс. лет назад), которое наблюдалось на большой площади России (рис. 16). Так же четко фиксируется «малый ледниковый период», о котором уже упо-

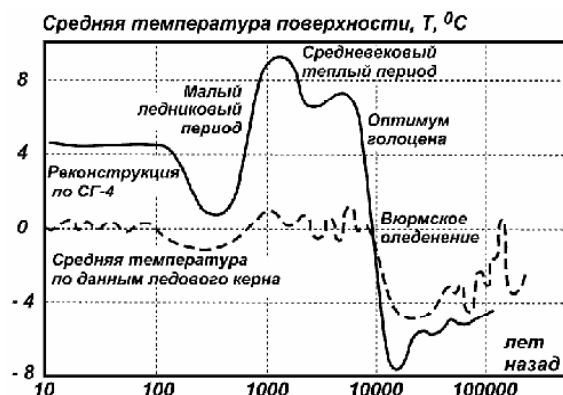


Рис. 16. Реконструкция палеотемператур по данным скважинных измерений и ледового керна Антарктиды (сплошная линия — данные скважины; по: Д.Ю. Демежко; прерывистая — данные керна; по: В.М. Котляков, 2006)

миналось выше. Причем переход от Средневекового теплого периода к малому ледниковому в геологическом масштабе времени проходил очень быстро — температура понизилась на 12 градусов за 400 лет.

Данные по антарктическому льду повторяют описанные закономерности (рис. 16). Однако здесь амплитуда колебаний температур была существенно меньше. Этот процесс хорошо отражен и на реконструкции Вюрмского оледенения в области полярных шапок Земли. Эта реконструкция показывает, что большая площадь Северного полушария была покрыта льдом. Напротив, в Южном полушарии увеличение площади ледника Антарктиды было несущественно, что, вероятно, связано с влиянием на процессы ее оледенения Южного океана, обрамляющего Антарктиду. Указанные выше российские исследователи предположили, что для таких кардинальных изменений климата требуются, очевидно, очень большие затраты энергии. Поэтому они решили рассмотреть связь между солнечной активностью (поскольку Солнце является основным источником поступления энергии на поверхность Земли), и средней температурой Северного полушария в историческом времени (рис. 17). Авторами обнаружено достаточно хорошее совпадение динамики активности Солнца и поверхностной температуры, хотя устойчивой корреляции между эти-

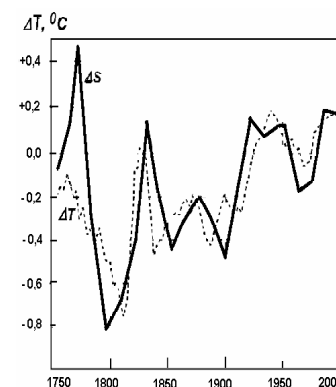


Рис. 17. Изменение солнечной активности (S) и изменение среднего значения поверхностной температуры (T) Северного полушария за последние 250 лет (по: Д.Ю. Демежко, 2006)

ми параметрами в текущем времени не наблюдается: иногда изменение солнечной активности предшествует соответствующему изменению температуры, а иногда — наоборот.

По соотношению изотопов кислорода в антарктическом ледовом керне В.М. Котляковым были получены данные о температуре, существовавшей в прошлые эпохи, а по анализу пузырьков воздуха в керне — о содержании углекислого газа (рис. 18). Результаты сопоставления этих данных оказались неожиданными. Вариации изменения температуры и содержания углекислого газа в атмосфере показывают, что «рост» углекислого газа всегда следует за повышением температуры, а не наоборот, как предполагается по установкам Киотского протокола. Кстати, такое поведение этих параметров вполне объяснимо, ибо океан, а не атмосфера, является наибольшим аккумулятором углекислого газа на планете. Океан очень быстро реагирует на изменение температуры поверхности: выбрасывает углекислоту при повышении температуры и поглощает ее при охлаждении.

«Каково же соотношение между естественными и антропогенными источниками углекислого газа?» — ставит вопрос один из известных российских метеорологов В.И. Уткин. Подсчитано, что все человечество сбрасывает в атмосферу около 22 млрд. тонн окиси углерода. Причем 20 наиболее развитых стран сбрасывают около

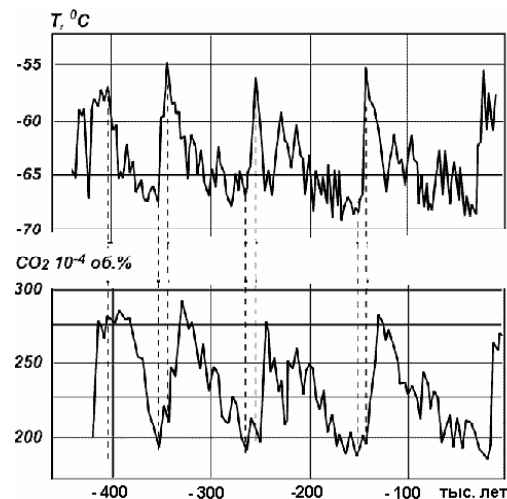


Рис. 18. Сопоставление данных по температуре ледового керна в антарктической скважине и содержанию углекислого газа в этом же керна (по: Д.Ю. Демежко, В.М. Котляков, 2006)

16 млрд. тонн. Наибольшие сбросы принадлежат США, Китаю, России, Японии, Индии и Германии. Это обстоятельство и является экономическим обоснованием Киотского протокола, который вступил в силу в 2005 г. Развитые страны должны покупать квоты на сброс уг-

лекислого газа у слаборазвитых стран, чтобы остановить процесс глобального потепления. Протокол включает более 160 стран мира и покрывает около 55% общемировых выбросов парниковых газов. Европейский союз должен сократить выбросы CO_2 и других тепличных газов на 8%, США – на 7%, Япония – на 6%. Таким образом, предполагается, что главная цель протокола – сокращение выбросов тепличных газов в следующие 15 лет на 5% – будет выполнена.



Рис. 19. Многолетняя динамика роста диоксида углерода в атмосфере

Но это не остановит глобальное потепление, а только, быть может, лишь немного замедлит его рост (рис. 19). И это лишь в лучшем случае, как считают некоторые специалисты. Так что можно сделать вывод, что серьезные меры по предотвращению глобального потепления пока правительствами не рассматриваются и не предпринимаются, считает Уткин.

«Какова же доля антропогенных выбросов в общем балансе сброса углекислого газа на планете?» – ставит следующий вопрос В.И. Уткин. Анализ выбросов вулканов и грязевых потоков, а также сброса океана показывает, что даже в условиях равновесия доля антропогенного углекислого газа не превышает 30% от естественного сброса, пишет автор. Если же учесть другие естественные источники углекислого газа – водоросли, болота и т.п., то доля антропогенного сброса уменьшается практически вдвое. При рассмотрении общего баланса углекислого газа в атмосфере оказывается, что сильнейшим поглотителем его является растительная часть биоты. Есть мнение, что заметное увеличение прироста древесной массы в бассейне р. Амазонки связано непосредственно с увеличением содержания углекислого газа в воздухе. То же самое относится и к повышенным урожаям зерновых в Северном полушарии, даже несмотря на неблагоприятные погодные условия. Исследования последних лет показали еще одно несоответствие подсчитанного ранее баланса выброса углекислого газа в атмосферу. Выбросы из открытых печей и очагов, которые весьма распространены в странах Африки, Азии и Южной Америки превышают выбросы всех дизельных двигателей мира. Поэтому, считает Уткин, в настоящее время следовало бы произвести переоценку квот Киотского протокола. Уже сейчас понятно, что энергетика климатических процессов на много порядков превышает энергетические возможности человечества, полагает он.

Между атмосферой, океаном и биосферой существует постоянный обмен CO_2 . Определенное количество CO_2 остается в атмосфере; океан является основным его накопителем, хранителем и источником, растительность поглощает CO_2 в процессе синтеза и хранит углерод (в стволах деревьев, листве, траве, перегное, почве); бактерии, грибы и животные выделяют его в результате дыхания (рис. 20). Скорость обмена CO_2 между атмосферой и океаном обус-

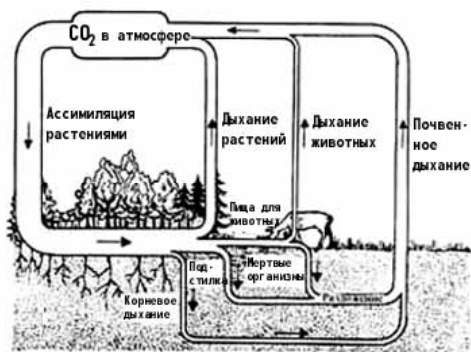


Рис. 20. Круговорот углекислого газа в природе

ловлена температурой воды. В результате в высоких широтах поток CO_2 направлен в основном из атмосферы в океан, а в южных – наоборот, из океана в атмосферу. Присутствие нефтяной пленки, загрязняющей океан, может уменьшить этот обмен.

По расчетам специалистов время обмена CO_2 между атмосферой и биосферой и наоборот составляет 33–40 лет, а между атмосферой и активной частью океана всего 5–6 лет. К концу XX в. уровень CO_2 в атмосфере повысился на 20–25%. Согласно некоторым математическим моделям, после того как концентрация CO_2 в атмосфере достигнет максимума, начнется ее спад до величины лишь ненамного большей, чем это наблюдалось в доиндустриальную эпоху. Равновесие наступит в результате перекачки избытка CO_2 в океан и биосферу примерно к концу XXIII в. Исходя из этого, ряд специалистов полагает, что проблема «парникового эффекта» при всей ее несомненности, может оказаться сильно преувеличенной.

Кроме увеличения выбросов в атмосферу парниковых газов и аэрозоля человек давно уже нарушает саму поверхность Земли, существенно меняя ее способность к отражению солнечного потока. С начала человеческой цивилизации вырубаются и выжигаются леса, увеличивается площадь пахотных земель, идет опустынивание. Так, площадь культивируемых земель увеличилась с 500 млн. га в 1860 г. до 1.5 млрд. га в конце XX в. Ликвидация лесного покрова и оголение почв ведут к осушению атмосферы. Расчеты специалистов показывают, что пустыни в субтропической зоне имеют очень высо-

кое альбедо – около 35%. Они отражают большое количество коротковолновой солнечной радиации и активно теряют уходящую длинноволновую радиацию, вследствие сильного нагрева поверхности. В результате начинает действовать механизм «иссушения». В Северной Африке в районе Сахеля в последние несколько столетий засухи повторялись в среднем один раз в 30 лет. Однако в конце 60-х – начале 70-х гг. прошлого века засухи происходили чаще, иногда по несколько лет подряд. Теоретические расчеты показывают, что при полной ликвидации лесного покрова на нашей планете среднее годовое альбедо повысилось бы примерно на 1%, существенно изменилась бы шероховатость почвы, что привело бы к нарушению циркуляции атмосферы в целом.

Несколько лет назад отечественный ученый В.Г. Горшков выдвинул оригинальную гипотезу «биотического (лесного) насоса» (рис. 21). Согласно ей естественные (т.е. не нарушенные человеком) леса «затягивают» атмосферную влагу с океана вглубь континентов. Благодаря наличию листьев лес поддерживает высокие потоки испарения, которые превосходят потоки испарения над океаном. Испарившаяся с листьев влага конденсируется и исчезает из газовой фазы, приводя к разрежению воздуха в атмосферном столбе над лесом. При этом над лесом возникают восходящие потоки воздуха, что приводит к засасыванию влажного воздуха с океана, который затем возвращается обратно после выпадения осадков над сушей. Таким образом, можно сказать, что реки создаются лесами. В случае истребления лесов, в первую очередь тропических, биотический насос перестанет работать и климат на Земле кардинально изменится. Надо отметить, что профессор В.Г. Горшков из Петербургского института ядерной физики придерживается весьма оригинальных взглядов на формирование климата на Земле. Он полагает, что климат, подходящий для жизни биологических объектов на нашей планете поддерживается самой жизнью. В отсутствие биоты климат Земли в течение короткого вре-

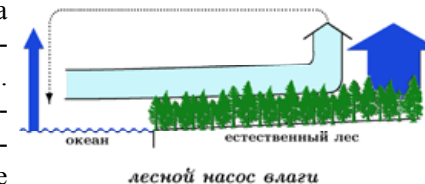


Рис. 21. Схема «лесного насоса влаги» (по: В.Г. Горшков, 2006)

мени перейдет в одно из двух устойчивых состояний, непригодных для жизни биологических объектов – либо в слишком холодное состояние с температурой в минус 100°C (как на Марсе), либо в горячее с температурой +460°C (как на Венере). По его мнению пригодная для жизни окружающая среда создается и устойчиво поддерживается в оптимальном состоянии естественными, не нарушенными человеком экологическими сообществами живых организмов. Естественная биота способна компенсировать любые нарушения окружающей среды, если они не превосходят некоего порога разрушения самой биоты. Освоение человеком естественных экосистем разрушает механизм биотической регуляции. Нарушенные и искусственно созданные человеком экосистемы (поля, пастбища, фрагментированные леса) не способны поддерживать устойчивость окружающей среды, а, следовательно, и оптимальный климат на Земле. Интересно, что идея о том, что сама жизнь стабилизирует климат на нашей планете была ранее сформулирована английским химиком Джеймсом Лавлоком в 1982 г. в виде концепции «Геи», рассматривающей



обитаемую планету в качестве огромного живого организма. Согласно модели Лавлока, пишет К.Ю.Еськов (2004), существование на планете даже примитивной гипотетической биосферы (состоящей из одного вида растений, например, маргаритки с темными и

светлыми цветками, отражательная способность которых различается) способно глобально менять температуру поверхности планеты. Предполагается, что эти растения могут существовать при температурах от 5 до 40°C, хотя оптимальной для них является температура в 20°C. При этом постулируется, что светимость Солнца постоянно возрастает по мере его «старения» и, соответственно, увеличивается температура поверхности планеты. После того, как экваториальная область планеты нагревается до установленных 5°C, «включаются в работу» светлые и темные маргаритки, находящиеся в равной пропорции. В тех местах, где доля темных цветков случайно окажется выше средней, локальное альbedo будет постепенно падать, что при-

ведет к прогреванию грунта до более высокой температуры (близкой к оптимальной в 20°C). В результате этого темные маргаритки получают селективное преимущество перед светлыми и доля последних уменьшается до предела. Область распространения темных цветов расширяется почти на всю планету, суммарное альbedo планеты продолжает уменьшаться, что приводит к возрастанию температуры на экваторе выше 20°C в результате усиления светимости Солнца. Наступает момент, после которого преимущества получают уже светлые маргаритки, с ростом численности которых увеличивается альbedo и начинается понижение температуры поверхности планеты. Светлая форма расселяется по планете и вытесняет темную по такой же схеме (от экватора к полюсам). Тем временем, светимость Солнца продолжает расти и наступает момент, когда возможности светлых маргариток сдерживать рост температуры исчерпываются и температура переваливает за 40°C, после чего планета становится безжизненной. Расчеты Лавлока показали, что присутствие даже такой примитивной биосферы как две цветковых формы маргариток способно удерживать температуру поверхности планеты постоянной долгое время, несмотря на непрерывное возрастание светимости Солнца. Еськов полагает, что в этой гипотетической модели важен не факт изменения температуры, а то, что планета превращается в гомеостат и поддерживает свою температуру постоянной вопреки внешним изменениям – светимости Солнца.

Вне всякого сомнения, человеческая деятельность наносит колоссальный вред нашей планете. Безусловно, ее нужно ограничивать, чтобы снизить издержки современной техногенной цивилизации. Однако надо точно знать, каковы истинные причины изменения современного климата на Земле. Без этого знания мы рискуем принять неправильные решения, которые не только не улучшат непростую ситуацию, но и нанесут непоправимый вред окружающей среде.



Что нас ждет в будущем – потепление или похолодание

Согласно новейшим расчетам с использованием глобальных климатических моделей, в течение нынешнего столетия, если концентрация CO_2 удвоится, то средняя глобальная температура воздуха может повыситься на 1.5–5.8°C. Все эти изменения, по мнению сторонников глобального потепления, будут происходить постепенно, в виде нарастающих со временем трендов на фоне природной динамики и цикличности глобальной климатической системы, которые могут перекрывать, усиливая или ослабляя, эффекты антропогенной природы. Однако предлагаются и другие прогнозы, согласно которым XXI в. окажется холоднее, чем предыдущий, поскольку существуют и околосовременные циклы (см. рис. 5). Правда, защитников такого мнения намного меньше и голоса их звучат значительно тише. Сторонники концепции естественного колебания современного климата утверждают, что самое значительное потепление в конце XX столетия приходится на восходящую ветвь 60-летнего цикла колебания климатической системы, вызванного естественными процессами внутри системы или квазипериодическими внешними воздействиями, такими, как чандлеровские биения полюсов, циклы обращения наиболее крупных планет Солнечной системы вокруг общего центра и так далее. Если эта гипотеза верна, то потепление должно закончиться в ближайшие годы, после чего начнется похолодание. Однако исследователи из Межправительственной группы экспертов по изменению климата не согласны с такими выводами. В своих последних докладах (Париж, 2007; Женева, 2009) они сообщают, что рост глобальной приземной температуры воздуха, скорее всего, будет продолжаться еще десятки и даже сотни лет. Ученые опираются на расчеты, которые показывают, что после попадания CO_2 в атмосферу этот парнико-

вый газ (как и некоторые другие) может оставаться в ней достаточно долго. Так, потребуется примерно 30 лет, чтобы только 30% CO_2 было выведено из атмосферы в результате естественных процессов, еще 30% может быть удалено за несколько столетий, а оставшийся газ сохранится в ней на многие годы.

На реконструированной российским ученым В.Г. Кривенко (2005) схеме гидрологического режима некоторых водоемов Северной Евразии иллюстрируется развитие двух полных «брикнеровских» циклов климата и начало третьего (с конца XIX в.). Согласно построениям автора, грядущая тепло-сухая фаза климата проявится как тенденция векового масштаба, поскольку она будет развиваться на фоне многовековой тенденции потепления. Новая тепло-сухая фаза обозначится в период 2005–2007 гг., максимум придется на 2011–2015 гг., а окончание – на 2025–2026 гг. (рис. 22).

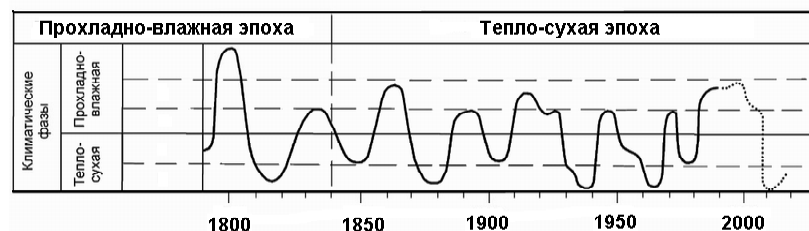


Рис. 22. Долговременные климатические циклы в Евразии (по: В.Г. Кривенко, 2005)

Насколько предсказанные теоретическими моделями сценарии развития климата Земли соответствуют историческим и геологическим данным? Этот вопрос обсуждается в статье Джорджа Массера, опубликованной в научном журнале «*Scientific American*» (2007). Большинство исследователей сходятся во мнении, что разработанные модели не были протестированы на предмет их адекватности. Немногочисленные оптимисты считают, что серьезность последствий глобального потепления преувеличивается, в то время как большинство специалистов, наоборот, настаивает на том, что серьезность таких последствий недооценивается.

Данные, полученные в результате изучения колонок льда на антарктической станции «Восток», показывают, что примерно



130 тыс. лет назад температура в Антарктиде была выше современной на 3.2°C , а средняя температура на Земле превышала нынешнюю на 1.6°C . Это соответствует нижнему предсказываемому уровню потепления для настоящего столетия. Если глобальное потепление достигнет этого уровня, климатические условия на Земле предположительно будут напоминать существовавшие 130 тыс. лет назад. В то время Гренландия, например, была действительно «зеленым островом», а уровень моря был

на 6 м выше современного. Если же относительное изменение температуры превысит 1.6°C , то климатическая картина будет напоминать ту, что имела место около 3 млн. лет назад в среднем плиоцене, когда температура превышала среднюю на 3°C , а уровень моря был на 25 м выше современного. Самая быстрая смена климата в геологической истории Земли происходила на границе палеоцена и эоцена 58 млн. лет назад (см. таблицу). В этот период за малое, по геологическим меркам, время – 30 тыс. лет – температура выросла на $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$. Это привело к исчезновению огромного числа видов растений и животных. Предполагается, что причиной такого резкого потепления был внезапный (в геологическом масштабе времени) выброс в атмосферу парниковых газов. Эпоха теплого климата продолжалась примерно в течение 70 тыс. лет, после чего механизмы обратной связи привели к возврату климата в прежнее состояние. Как считают Скотт Винг и его коллеги (2005), палеоценовое потепление является аналогом процессов, происходящих сейчас, поскольку скорости и объемы выброса углерода в атмосферу в эти периоды сопоставимы. Согласно последним прогностическим моделям, удвоение современной концентрации углекислого газа приведет к повышению температуры всего на 3°C . Сравнение же с геологическими данными показывает, что рост температуры может быть более интенсивным. Вероятно, это связано

с недооценкой в моделях «парниковой» силы углекислого газа, а также с тем, что процессы, вызывающие глобальное потепление, могут взаимно усиливать друг друга.

Как показывают «тестирования геологической истории Земли», разработанные к настоящему времени, прогностические модели глобального потепления вполне могут оказаться неадекватными. Следовательно, действительный ход развития событий в недалеком будущем может превзойти самые худшие теоретические прогнозы. Некоторые ученые даже проводят параллели между современным развитием ситуации и гигантской геологической катастрофой, произошедшей 248 млн. лет назад, – пермо-триасовым массовым исчезновением видов, самым катастрофическим за всю историю биосферы Земли. Тогда исчезло 70% наземных и 90% морских организмов. Причины этой катастрофы не выяснены до сих пор, некоторые специалисты склоняются ко мнению, что она была вызвана гигантскими извержениями вулканов, которые привели к выбросу огромных количеств углекислого и других газов. Вызванное этими процессами глобальное потепление возможно явилось спусковым механизмом для цепной реакции других явлений, еще более усиливших катастрофически быстрое потепление климата. Однако другие ученые, в частности К.Ю. Еськов (2004), считают, что стандартные объяснения вроде «глобального катастрофического вулканизма» или морской регрессии, резко сократившей площадь шельфов (основной зоны обитания морских организмов), кажутся просто придуманными за неимением лучшего.

Сейчас в Гренландии идет таяние мощного ледяного покрова, судя по данным двух специальных спутников, которые каждый месяц исследуют изменение общей массы льда. Объем льда, сбрасываемого в Атлантический океан ледниками Гренландии, существенно недооценивался, утверждает гляциолог Эрик Ригнот (2006) из лаборатории NASA. За последние 9 лет расход льда в Гренландии увеличился с 50 до 150 куб. км в год (рис. 23). Данные спутникового мониторинга показывают, что происходящие изменения могут быть еще более серьезными. Ригнот с коллегами считает, что до сих пор недооценивалась скорость движения южных ледников Гренландии. Сопоставив последние данные о движении ледников с оценками их

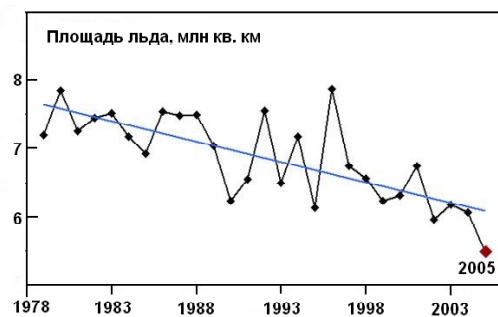


Рис. 23. Темпы таяния ледников в Арктике

толщины, исследователи пришли к выводу, что за период с 1996 по 2005 гг. расход льда гренландскими ледниками увеличился в три раза – с 50 до 150 км³ в год. Представляя результаты своей работы на конференции Американской ассоциации по развитию науки в Сент-Луисе (Миссури, США), Ригнот отметил, что из 3 мм ежегодного повышения уровня моря примерно 17% обеспечивается таянием гренландских ледников. В целом эти ледники содержат около 2 млн. км³ льда. Этого достаточно, чтобы поднять уровень Мирового океана на 7 метров.

Таяние ледников может привести, по мнению ряда европейских ученых, к глобальному похолоданию, как это ни кажется парадоксальным. Пресная вода, в большом количестве попадая в Атлантику, может нарушить механизм круговорота воды на Земле (рис. 24). Дело в том, что в Атлантическом океане на глубине нескольких сот метров с юга на север идет мощный поток очень теплой воды (равный по объему ста Амазонкам). Известное течение Гольфстрим – часть этого потока. Когда эта масса достигает широт Исландии, часть воды сдувается сильными ветрами, что вызывает подъем глубинной воды (более соленой и тяжелой), которая сильно охлаждается на поверхности и опускается почти до самого дна. Достигнув дна, она начинает двигаться в обратном направлении по Атлантическому океану к югу. Так работает термогалинный (термосолевой) механизм, который запускает огромный океанический круговорот воды. Поток идет около дна далеко на юг и сливается с течением, которое движется вокруг Антарктиды на восток. Часть этого потока отходит

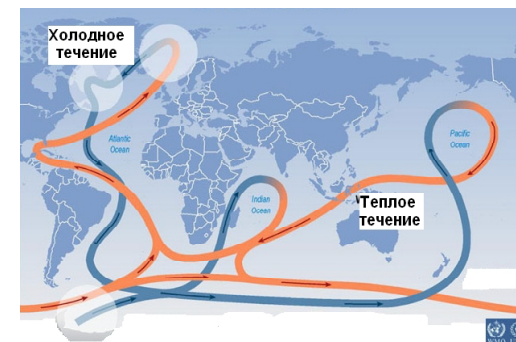


Рис. 24. Карта морских течений Земли

(по: <http://agaroza.com/post/1246255465.html>)

в Индийский океан, часть идет вокруг Австралии. Но оба потока в конце концов выходят на поверхность и возвращаются в Карибское море и Мексиканский залив, откуда берет свое начало Гольфстрим, круг замыкается. Таким образом, осуществляется циркуляция воды в Мировом океане. Гольфстрим сегодня отвечает за 30% теплового баланса Западной Европы. Именно благодаря этому течению зимы в Англии и Скандинавии, как правило, теплые и мягкие. Например, среднемесячные январские температуры на побережье Норвегии колеблются от 0 до -5°C, а на северном побережье Чукотки от -30 до -35°C, хотя эти регионы находятся приблизительно на одинаковой широте, указывает Евгений Кандиано в своей статье «Правда и мифы о глобальном потеплении» (2009). Если льды Гренландии будут и дальше таять, то пресная вода разбавит более плотную соленую воду в районе Исландии, которая перестанет опускаться на дно, и огромный круговорот воды остановится. Это приведет к сильному похолоданию, в первую очередь, в Северной Европе.

Другие ученые, в частности В.В. Клименко (2005), считают, что сейчас идет главным образом разрушение льдов Северного Ледовитого океана. Но поскольку они и так на 90% погружены в воду, это никак не скажется на уровне Мирового океана. На его уровне может отразиться состояние континентальных ледовых покровов. Причем 99% континентальных льдов сосредоточено всего в двух мощных ледовых щитах: 90% в Антарктическом, 9% в Гренландском и только 1% во всех остальных горных ледниках вместе взятых. Из трех пере-

численных континентальных ледовых покрытий заметно разрушаются, по мнению Клименко, только горные ледники, но их разрушение оказывает относительно небольшое влияние на повышение уровня океана. Это повышение измерено, в мире существует огромная сеть станций, следящих за этим. За последние 100 лет уровень Мирового океана поднялся на 15 см. Можно ожидать, что в ближайшие 100 лет он поднимется еще на 25–30 см, это заметное повышение уровня, но не катастрофическое. Катастрофа может произойти только в случае разрушения, хотя бы частичного, Гренландского или Антарктического ледников. Клименко полагает, что и тот, и другой необычайно стабильны и способны выдерживать потепление намного большее тех 2°C , о которых сейчас идет речь. В центральной части Гренландии даже летняя температура в настоящее время не превышает -15°C , поэтому даже пятиградусное потепление, если таковое и произойдет, не приблизит Гренландский ледник, по крайней мере, в центральной его части, к точке таяния льда. То же самое в значительной степени справедливо и для Антарктического ледника. Для того, чтобы растаяли хотя бы частично Гренландский и Антарктический ледовые щиты, необходимо не просто значительное повышение температуры, нужно еще, чтобы оно продержалось хотя бы 1 тыс. лет.



Однако новые данные, полученные благодаря исследованию проб глубинного (древнего) льда, взятых в Гренландии и Антарктиде, недавно позволили американскому специалисту Р. Алли высказать гипотезу, согласно которой в климатической системе Земли происходят два типа процессов – постепенные и скачкообразные (по типу переключателя). Модели будущего климата обычно строятся с учетом медленных процессов, в результате делается вывод о том, что дальнейшее накопление CO_2 в атмосфере будет вести к неуклонному и постепенному потеплению в Северном полушарии. По мнению Алли, теперь стала очевидной и другая

возможность: постепенные изменения могут достичь некоего критического предела, после которого произойдет резкая смена климата. В подтверждение своей гипотезы Алли приводит данные об изменении климата около 13 тыс. лет назад, когда на потеплевшей в очередной раз Земле в течение нескольких лет (а не десятилетий) температура упала на 10°C и оставалась низкой на протяжении почти 1000 лет, после чего за 10 лет снова выросла на целых 15°C . Ряд ученых предсказывают несколько возможных последствий таких резких изменений («переключений») климата. Согласно одному из них, потепление вызовет быстрое таяние глыб замершего метана на дне Мирового океана (рис. 25). По мнению специалистов, такое внезапное таяние метановых глыб приведет к колоссальному выбросу этого газа в атмосферу. А метан является еще более мощным «парниковым» фактором, нежели углекислый газ. Это приведет к резкому и быстрому потеплению всего климата на нашей планете и существенному повышению уровня Мирового океана. Некоторые исследователи (например, П. Шварц и Д. Рэнделл, 2003) предлагают совсем пессимистический прогноз, согласно которому уже в первой четверти XXI в. возможен резкий скачок климата, причем следствием может явиться не усиление потепления климата, а наступление нового ледникового периода продолжительностью в сотни лет.

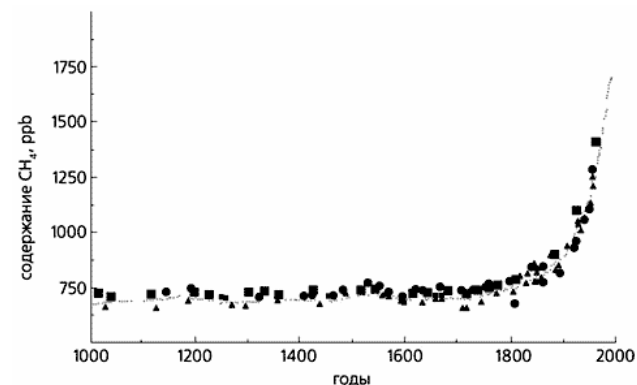


Рис. 25. Темпы выделения метана в атмосферу Земли (по данным Росгидромета, 2008)

Недавно группа ученых из восьми стран, которые с 1981 г. вели исследования в Антарктиде, пришла к тревожному выводу, что южная часть Мирового океана из-за глобального нарушения экологических условий потеряла свою прежнюю способность поглощать значительную часть углекислоты из атмосферы, что еще больше ускоряет катастрофическое глобальное потепление на планете. Еще в 1960-е гг. было установлено, что из всего объема углекислоты, который втягивает из атмосферы Мировой океан, около 30% поглощается водами вокруг Антарктиды в районе южнее 45 градуса южной широты. В год эта зона перерабатывала примерно 600 млн. тонн двуокиси углерода, что было важнейшим условием сохранения нынешнего климата на планете. С 1981 по 2004 гг. специалисты ряда стран начали сообща проверять эти данные в 40 пунктах по всему миру, включая 11 контрольных точек в южной части океана. Для этого, в частности, использовалась японская антарктическая станция «Сва». Было установлено, что в последнее время способность поглощения углекислоты на юге Мирового океана падала в среднем на 80 млн. тонн в год и сейчас практически сошла на нет. В этом районе, полагают специалисты, из-за вызванного деятельностью человека потепления климата и частичного разрушения некоторых слоев атмосферы резко усилились ветры. В результате чего изменился характер круговорота воды. К поверхности океана поднялись глубинные слои, которые обладают крайне слабой способностью втягивать углекислоту, что еще больше усиливает изменение климата. *«Есть опасность, что южная часть Мирового океана вскоре начнет сама выделять двуокись углерода в атмосферу»*, – заявил в связи с этим профессор Косэй Накадзава из японского Университета Тохоку, который принимал участие в этих исследованиях. *«В результате нам придется пересматривать всю стратегию борьбы с глобальным потеплением, при разработке которой мы считали океан своим союзником»* (см. сайт <http://inauka.ru/news/article75221sub.html>).

Влагосодержание воздуха повысилось за последнее десятилетие как над сушей и океаном, так и в верхней тропосфере, отмечают специалисты. Оно увеличивает риск сильных ливней и связанных с ними наводнений. Но распределение ливней будет неравномерным. Сильные ливни в последние десятилетия наблюдались в восточных

частях обеих Америк, в северной Европе, в северной и центральной Азии. Наряду с этим отмечались мощные засухи в Сахеле, Средиземноморье и в южной Азии. Риск засух повышается также из-за увеличивающегося испарения. Модели климата прогнозируют, что области, затронутые засухой, будут увеличиваться, а чрезвычайные погодные события (включая сильный дождь и наводнения) станут более обычными.

Недавно группа ученых из разных стран во главе со Штефаном Рамсторфом из Потсдамского института изучения влияния климата сравнила предложенные в 90-е гг. XX столетия вполне совершенные (как казалось их создателям) математические модели, позволяющие прогнозировать состояние климата на Земле в ближайшие десятилетия, с тем, что реально происходило за последние 15 лет. Результаты сопоставления реальности с модельными расчетами приведены Рамсторфом и его коллегами в статье, опубликованной в журнале *«Science»* (2007). Выяснилось, что хорошо были предсказаны изменения содержания в атмосфере углекислого газа и приемлемо – ход температуры. Оба эти показателя возрастали в соответствии с ранее выявленными трендами. А вот средний уровень Мирового океана рос быстрее, чем ожидалось. С 1990 по 2005 гг. он увеличился примерно на 4 см, а предсказывалось прибавление только на 2 см (рис. 26). По весьма умеренным оценкам уровень Мирового океана в будущем может подняться еще на 30–50 см, что приведет к частичному или полному затоплению многих прибрежных территорий, особенно в Азии (Бангладеш и др.), где проживает значительная часть населения планеты. Около 100 миллионов человек во всем мире живут на высоте менее 88 см над уровнем моря.

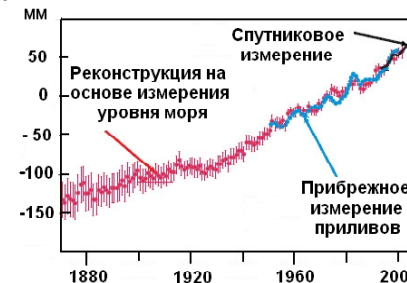


Рис. 26. Изменение уровня Мирового океана в период с 1870 по 2005 гг. (по: B.F. Chao и др., 2008)

Для того, чтобы предсказать ожидающие нас климатические изменения, ученые опираются на довольно сложные математические модели. Модели обычно строят на основе того, что уже наблюдалось в предшествующие годы и на понимании взаимосвязей разных физических процессов, происходящих на поверхности нашей планеты. Нужно знать, к примеру, как связаны между собой содержание в атмосфере парниковых газов и температура или как от температуры зависит состояние крупнейших ледников. Последние, например, могут не только таять при потеплении, но и нарастать, как, например, в центральных районах Гренландии и Антарктиды, поскольку там начинает выпадать больше осадков. Состояние ледников, в свою очередь, прямо сказывается на уровне Мирового океана. Чем больше воды на планете связано во льдах, тем ниже уровень океана. Таким образом, мы видим, что все процессы достаточно сложно взаимосвязаны друг с другом.

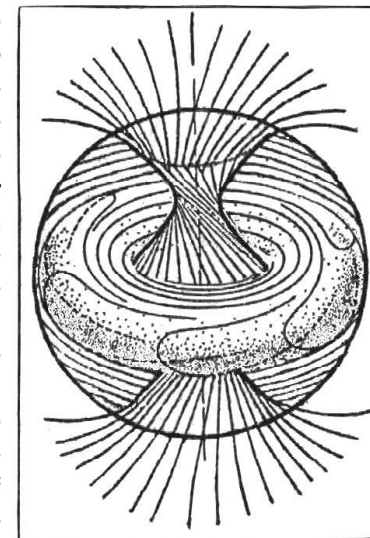
Два года назад в подробном интервью корреспонденту РИА «Сибирь» (от 10.04.2007, <http://ria-sibir.ru/viewnews/20501.html>) известный сибирский ученый, специалист по глобальной экологии, профессор Института геологии и минерологии СО РАН А.Н. Дмитриев ответил на ряд вопросов корреспондента. Это интервью показалось мне достаточно интересным и содержательным, поэтому я привожу его здесь полностью, практически без купюр.

К.: – Из информации о деятельности различных экспертных групп, изучающих изменения климата, возникает ощущение, что главной проблемой являются промышленные выбросы углекислого газа в атмосферу. Получается, что если сократить выбросы, то и проблема будет решена?

А.Н.: – Происхождение проблемы имеет космические корни и углекислый газ атмосферы – это ничтожная часть от реальных причин пересоздания климата Земли. Изменения климатических показателей на Земле – это лишь часть планетофизических процессов, которые проходят во всей Солнечной системе. Изменяется не только температура и влажность, меняются многие геолого-физические процессы, как в газоплазменных оболочках, так и в земной коре. Поэтому рассмотрение климатических перемен должно обязательно быть связано с большими переменами в геолого-геофизической

среде. На Земле сейчас идет общепланетное преобразование. Это целый комплекс процессов, где стоит выделить следующие: 1) инверсия знака геомагнитного поля Земли (переполюсовка) и снижение магнитной защиты Земли за счет убыли напряженности геомагнитного диполя; 2) общее наращивание теплосодержания в твердых, жидких, газообразных фазах вещества верхних оболочек Земли; 3) резкое возрастание разнообразия числа и энергоемкости метеокатастроф; 4) рост вулканической активности и сейсмических процессов; 5) приток энергии по звеньям солнечно-земных взаимосвязей; 6) резкая активизация процессов глубинной геодинамики; 7) ураганный прирост электромагнитной энергии техногенного происхождения, которая активно влияет на изменение геофизического портрета и функции Земли в составе Солнечной системы. Например, с 2001 г. годовая энерговыработка в результате деятельности человека на всей Земле в 10 раз превосходит годовые сейсмические энергозатраты природных сил.

Прямым следствием этих перемен в геолого-геофизической среде явились климатические процессы «нового поколения» – расформирование общих полей атмосферного давления, изменение температурных карт приземной атмосферы. Начинается перераспределение суши и водных массивов. Угрожающим событием является ураганный рост скорости таяния арктических льдов (в 32 раза!), что произошло после солнечно-земного взаимодействия осенью 2003 г. после рекордной геоэффективной вспышки на Солнце рентгеновского класса. Ближайшими практическими следствиями этих приемов со стороны природы будет исчезновение льдов Ледовитого океана. К середине нашего века льды растают окончательно, и Ледовитый океан предстанет новым тепловым регионом Земли. Исчезнет



природный отражатель солнечной энергии в пространство, и вся эта энергия будет поглощаться водной поверхностью, что совершенно изменит, например, характер образования циклонов на Земле, их частоту и энергоемкость. Полным ходом идет переполосовка геомагнитного поля нашей планеты. Это вызывает пересоздание «климатической машины» Земли и ведет к изменению всех консервативных характеристик земной сферы обитания. Уже по существу произошло функциональное расформирование 16 климатостабилизирующих факторов – сюда входит общее поле давления атмосферы, температурное поле, изменение режима влагооборота и другие. Намечились новые центры температурной стабилизации – для Северного полушария. Теплый центр локализован на Западном тихоокеанском побережье. Отмечу, что Сибирь контролируется Теплым центром, что подтверждается наличием теплового максимума «Сибирского овала», т.е. региона с наиболее высоким подъемом температур. Холодный центр локализован на водных просторах Атлантики между Гренландией и Скандинавией. Но дело не только во влаго- и температурораспределении. В связи с уменьшением магнитной защиты Земли, приближается время резкого повышения радиоактивности атмосферы (в том числе и от солнечных и галактических лучей). Может резко повыситься радиоактивность приземной атмосферы. В некоторых регионах Африки, в Восточной Бразилии радиоактивность может повыситься в сотни раз. Уже сейчас заметно возрастает интенсивность ураганов и тайфунов. Появились так называемые электрические ураганы – Изабелла, Катрин. Отмечается значительное видоизменение характера протекания грозových процессов. Растет разнообразие природных самосветящихся образований и молниевых разрядов. Появились молнии нового поколения – «струи», «спрайты», «пояса» и другие. Все это свидетельствует об изменении электростатики, электродинамики атмосферы.

К.: – А каковы наиболее опасные техногенные факторы?

А.Н.: – С моей точки зрения, наибольшую опасность несет все нарастающий электромагнитный хаос техногенного происхождения. Электромагнитная производительность технических средств,

созданных человеком (за счет увеличения ЛЭП, электростанций, средств связи и т.д.), полностью видоизменила электромагнитный «климат» Земли. В результате планета оказалась окружена мощным электромагнитным смогом – от сверхнизких до сверхвысоких частот. В некоторых радиочастотах Земля уже ярче Солнца в тысячи раз. Это означает, что на единицу поверхности Земли оказывается более мощное излучение, чем на Солнце. США, например, излучают электромагнитный поток в 6 млн. раз сильнее, чем воды Атлантики. Это приводит к огромному электромагнитному неравновесию Земли, что для самой Америки оборачивается увеличением числа разрушительных торнадо.



К.: – Получается, что в сочетании с глобальными изменениями «естественного происхождения», техногенные факторы многократно усиливают катастрофический эффект?

А.Н.: – Несомненно! Приведу один пример. Ученые отмечают нарастание энергоемкости солнечно-земных взаимосвязей, что может завершиться своеобразным «президентским правлением Солнца». Геоэффективные вспышки на Солнце уже оказывают мощнейшее влияние на Землю, в том числе – на технические средства человека. Это может повлечь за собой не только серьезное нарушение спутниковой системы, но и паралич всей техносферы Земли. В мире понастроено множество сложнейших энергоемких систем. По всей планете – примерно 500 АЭС, сотни крупнейших гидроэлектростанций, построенных вблизи и над городами с миллионами жителей. Число сложных энергоемких систем постоянно растет, и, конечно, их паралич и разрушение приведет к величайшим человеческим потерям.

К.: – В докладе Международной группы по изменению климата, сделанном на конференции в Брюсселе, прогнозируются бедствия

для регионов Африки, Азии, Южной Америки, для Тихого Океана и Арктики. С другой стороны, среди наиболее благоприятных регионов некоторые эксперты называют Россию, Канаду и скандинавские страны....

А.Н.: – Я с этим не совсем согласен, так как мы даже не знаем точно, какие новые энергоемкие процессы ждут нас через месяц, через год, тем более – через 10 лет. Взять, к примеру, Сибирь. Она находится в благоприятных условиях для создания не только нового образца климата, но и новых биосферных условий, в которых возможно возникновение даже новых форм жизни. Территория Сибири находится под протекторатом Восточно-Сибирской Мировой магнитной аномалии, которая все еще наращивает свою напряженность. Как известно, увеличение магнитных полей способствует жизненным процессам. Кроме того, в направлении Восточно-Сибирской магнитной аномалии со скоростью более 60 км в год движется Северный магнитный полюс Земли. Так что магнитного хаоса в Сибири не будет, это же характерно и для Канады, только в меньшей степени. Но по дороге к возникновению новых жизненных условий в Сибири также произойдет немало мощных разрушительных и пересоздающих процессов. И в этом отношении нам надо быть готовыми к большим неожиданностям. Прогнозируется, например, что подъем уровня Мирового океана, вызванный глобальным потеплением, перераспределит отношения воды и суши и в Сибири, и в той же Канаде. Например, Обская губа будет простираться до Тобольска, появятся гигантские озера, вместо Западно-Сибирской низменности будет нечто вроде нового архипелага. Последствия возможного грядущего континентального перераспределения суши могут оказаться катастрофическими для человечества в целом.

К.: – По сообщению западных СМИ, в Брюсселе весной 2007г. произошла задержка обнародования доклада. Причиной стали разногласия между учеными и дипломатами, которые хотели несколько смягчить содержащиеся в докладе выводы экспертов...

А.Н.: – Диалог ученых и политиков всегда развивался в пользу последних. На протяжении многих десятилетий ученые не только предупреждали о грядущих катастрофах, но и предлагали ресурсосберегающие сценарии технического прогресса. Примером этого может служить решение Мирового экологического конгресса в Рио-де-Жанейро, которое предупреждало о том, что высокий уровень жизни, достигнутый высокоразвитыми странами, является неприемлемым для будущего. Это предупреждение не было принято во внимание по существу всеми ведущими государствами. Люди во всем мире находятся под давлением монополии, которая заботится только о прибыли для очень узкого круга людей. Элита продолжает сказочно обогащаться, цинично призывая брать с нее пример всему остальному человечеству. В результате – безумная гонка потребления. Так за последние годы в 2.8 раза выросло богатство людей по сравнению с ростом численности населения Земли. Отметим, что рост этого богатства не возможен без дальнейшего технического прогресса, который не может осуществляться без разрушения закономерностей геолого-геофизической среды, а именно геолого-геофизическая среда составляет базу и климата, и биосферы.

К.: – Вместо резюме – какова ваша позиция?

А.Н.: – Поезд ушел. Такова позиция ученых-экологов, к которым я отношу и себя лично. Техногенный процесс надо было обуздать в 70-е гг. XX в., тогда еще было время. Сейчас пошел системный развал и климата, и биосферы. Элита по-прежнему или не видит угрозы, или делает вид, что не видит. В случае признания своей ошибки ей некуда будет деваться в глазах остального населения. Ведь для элиты население – это одновременно и потребитель, и избиратель, и рабочая сила. Наши страхи построены на привычных сценариях жизни. Но уже в ближайшее время могут появиться новые виды угроз и страхов. Сейчас перед человечеством встает абсолютно новая задача – готовиться к выживанию. Этап высокого уровня жизни завершается. Надо серьезно готовиться – и психологически, и физически – к новым способам.

Прогнозы для России

Если все же в будущем продолжится глобальное потепление климата, как предсказывают многие специалисты, как это отразится на России? По прогнозам коллектива специалистов из Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова в Санкт-Петербурге, в которых широко использовались расчеты с помощью модели общей циркуляции атмосферы и океана нового поколения, в XXI в. на территории России, прежде всего в арктических и субарктических регионах, потепление будет заметно больше по сравнению с глобальным. Среднее за год потепление в середине века может составить 2.6°C (по сравнению с концом XX в.) (рис. 27).

В Арктике климат меняется наиболее сильно, примерно в 2 раза быстрее, чем в среднем на планете, пишут российские исследователи в коллективном обзоре «Воздействие изменения климата на российскую Арктику: анализ и пути решения проблемы» (2008). За последние несколько десятилетий рост температуры в различных частях Арктики составил от 0.7 до 4°C, при этом зима теплела сильнее, чем лето. За последние 30 лет снежный период сократился в среднем на 2 недели. Впечатляет снижение общей площади арктических льдов – с 7.5 млн. км² в конце 1970-х до 5.5 млн. км² в 2005 г. А в 2007 г. был поставлен новый рекорд – 4.3 млн. км².



Рис. 27. Многолетняя динамика среднегодовой температуры воздуха, осредненной по территории России (в отклонениях от средних за 1961–1990 гг.; по: Росгидромет, 2008)

Ожидаемое увеличение температуры в России существенно зависит от времени года и региона. Все без исключения модели показывают наиболее значительное потепление зимой (3.4°C), особенно в Сибири и широтной зоне вдоль Полярного круга. Летом, наоборот, в этой широтной зоне потепление будет наименьшим (1.9°C).

Немецкие исследователи из Йенского университета, проанализировав данные, полученные

с европейских, японских и американских метеоспутников, пришли к выводу, что за последние годы воздух над Сибирью потеплел на три градуса. В результате таких изменений снежный и ледяной покров региона тает гораздо раньше, а тайга теперь поглощает меньше двуокси углерода. На сегодняшний день тайга способна поглотить 20% CO₂ российского происхождения и лишь 10% – европейского. Наблюдаемые изменения ставят под сомнение утверждения «зеленых» о том, что посадка дополнительных зеленых насаждений поможет решить проблему загрязнения воздуха парниковыми газами. По мнению профессора Кристианы Шмуллиус, аналогичная ситуация складывается и в других северных регионах планеты – в частности, в Канаде и на Аляске.

Среднегодовое количество осадков возрастет в России к середине века на 8.2% по сравнению с периодом 1980–1999 гг. (рис. 28). Самый значительный рост осадков приходится на зиму, с максимумом в восточных и северных регионах. В 2050 г. на большей части России ожидаемое увеличение количества осадков в три раза превышает модельную изменчивость (на 14.5%). Летние дожди тоже станут обильнее, но не настолько (на 4.1%). На юго-западе России осадков станет даже меньше. В европейской части России рост суммарных осадков происходит преимущественно за счет дождей, в то время как в Западной и Восточной Сибири – за счет снега. Таким образом, в Сибири следует ждать дополнительного накопления снега зимой и более обильного таяния его весной.

По мнению российских ученых, при потеплении климата не только вырастет количество осадков, но и усилится испарение с поверхности почвы, а это существенно уменьшит влагосодержание деятельного слоя почвы (глубиной до 1 м) и сократит речной сток именно в тех регионах, где особенно развито сельское хозяйство: на Северном Кавказе, в Поволжье и др. Модельные расчеты специалистов показывают, что там, где снежный покров сходит рано, влагосодержание почвы начнет уменьшаться уже весной, а с наступлением лета это уменьшение станет заметным на всей территории России. Вырастет вероятность сильных засух, особенно в южных регионах.

Прогнозируется, что рост среднегодовых осадков при потеплении заметно увеличит сток на водосборах крупных речных систем

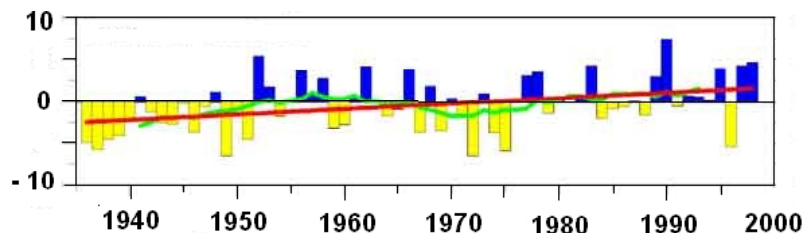


Рис. 28. Средняя годовая аномалия месячной суммы осадков (мм) в Европейской части России (отклонения от месячной суммы осадков базового периода 1961-1990 гг. по: http://climate.mecom.ru/bulletins/1998/index_2.html)

(при условии, что испарение не будет расти быстрее, чем осадки). У южных рек, где количество осадков увеличится не так сильно, годовой сток может заметно сократиться из-за повышенного испарения. На водосборах северных рек, таких, как Печора, Северная Двина, Енисей, Лена, заметно вырастут среднегодовые стоки. Принимая во внимание, что на этих водосборах зимой будет накапливаться больше снега, увеличится и вероятность паводковых ситуаций весной.

Потепление климата повлияет на сезонное протаивание многолетнемерзлых грунтов (это более корректное название «вечной мерзлоты», употребляемое специалистами). В России эти грунты занимают около 70% территории, пишет в статье, опубликованной в журнале «Химия и жизнь» в 2007 г., ведущий специалист В.П. Мелешко из Главной геофизической обсерватории им. А.Е. Воейкова. Глубины сезонного протаивания грунтов существенно зависят от их свойств (торфяники, суглинки, пески) и растительных покровов. Поэтому в естественных условиях протаивание происходит не равномерно, а мозаично. При потеплении глубина протаивания конечно же увеличится. Расчеты показывают, что смещение к северу границы многолетнемерзлых грунтов сохранит широтный характер и составит к середине XXI в. от 100 до 250 км. На большей части территории Сибири глубины протаивания возрастут на 20–40 см.

Исследователи Сергей Кирпотин из Томского государственного университета и Джудит Маркан из Оксфордского университета,

работающие на просторах Западной Сибири, сообщают, что зона вечной мерзлоты, занимающая территорию в миллион квадратных километров – размеры Франции и Германии вместе взятых – впервые с момента своего образования 11 000 лет назад, в конце последнего ледникового периода, начала таять. Данная территория, перекрывающая весь заполярный район Западной Сибири, является величайшим в мире замёрзшим торфяным болотом, и ученые опасаются, что в процессе своего таяния это болото может высвободить в атмосферу миллиарды тонн метана, дающего «парниковый эффект» газа, который воздействует на атмосферу в 20 раз сильнее, чем углекислый газ (рис. 29).

Торфяные болота Сибири вырабатывают метан с тех пор, как они образовались в конце последнего ледникового периода, но большая часть этого газа оказалась связанной вечной мерзлотой. По данным Ларри Смита, ученого-гидролога из Калифорнийского университета, западносибирские торфяники могут содержать примерно 70 млрд. т метана, четверть всего метана на нашей планете. Для того, чтобы вечная мерзлота полностью растаяла, потребуется, вероятно, много десятилетий, поэтому метан не будет выделен в атмосферу одним махом, считает английский климатолог Стивен Сич. Однако расчеты этого ученого и его коллег показывают, что, даже если метан будет постепенно просачиваться из вечной мерзлоты в ближайшие 100 лет, ежегодно в атмосферу будет добавляться около 700 млн. т,

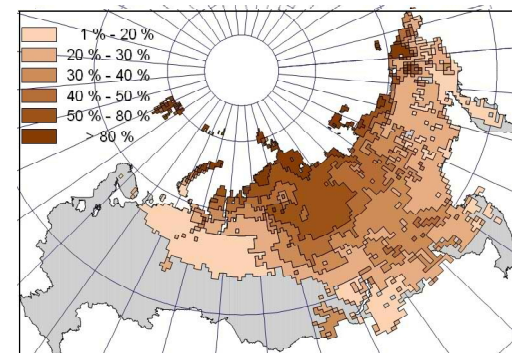


Рис. 29. Прогнозируемое к середине XXI в. увеличение эмиссии метана (в %) из многолетнемерзлых болот (по: сайт Гидрологического института)

примерно столько же, сколько в нее попадает ежегодно с заболоченных территорий и сельскохозяйственных угодий всего мира. Фактически, это приведет к удвоению содержания метана в атмосфере, что вызовет потепление климата на 10–25% (см. сайт http://protoplex.ru/news_show/2308.html). Тони Джунипер, директор экологической организации «Друзья Земли», считает, что это открытие является сильным призывом к политикам принять целенаправленные меры в отношении изменения климата. Он заявил: *«Мы знали, что когда-нибудь случится что-то, что ускорит глобальное потепление, это может привести к массовому выбросу в атмосферу 'парниковых газов'. Если мы в самое ближайшее время не примем мер, то можем получить необратимый процесс глобального потепления, который не сумеем контролировать, и это приведет к социальным, экономическим и экологическим катастрофам во всем мире. Пока еще есть время принять меры, но его у нас остается мало»* (см. сайт <http://www.inosmi.ru/world/20050811/221497.html>).

Другая группа исследователей также сообщила о признаках того, что глобальное потепление разрушает вечную мерзлоту. Кейти Уолтер из Университета Аляски сообщила на встрече Консорциума арктических исследований США, что ее группа нашла участки активного выделения метана в Восточной Сибири. В этих местах метан пузырьками поднимается на поверхность вечной мерзлоты так быстро, что не дает поверхности замерзнуть.

Существует устойчивое мнение, что Россия как холодная в целом страна, только выиграет от глобального потепления. Это глубокое заблуждение, считает профессор МГУ А.М. Гиляров. При потеплении начнет таять вечная мерзлота, усилится выделение метана и CO₂. Органическое вещество, законсервированное в мерзлоте, станет доступным для бактерий и грибов, которые начнут его разлагать. Не говоря уже о разрушении инфраструктуры (дорог, зданий и т.п.), построенной на вечной мерзлоте. В поясе степей, за счет которого мы кормимся, при потеплении начнутся сильные и продолжительные засухи. В последнем отчете Всемирного фонда дикой природы приводится прогноз для России при дальнейшем потеплении климата. Он не утешителен. Более широко распространятся тяжелые инфекционные болезни, такие как энцефалит и малярия, поскольку их

переносчики – клещи и комары – будут лучше выживать зимой и захватывать все более северные районы в теплые периоды года.

Прогнозируется также, что следствием дальнейшего повышения температур в Северном полушарии станет резкое возрастание частоты и интенсивности лесных пожаров, бурь и ураганов (рис. 30). Этот мрачный прогноз, утверждает С.А. Мочалов в статье «Глобальное изменение климата и проблемы лесной экологии» (2002), подтверждают события последнего десятилетия, когда ураганы страшной разрушительной силы (12 баллов по шкале Бофорта) – «Вивиан» в феврале 1990 г. и «Лотар» в декабре 1999 г. – нанесли колоссальный ущерб лесному хозяйству многих европейских стран. Так, если в результате урагана «Вивиан» в лесах всей Европы было повалено 120 млн. м³ древесины, что составило 30% от размера годовичного лесопользования, то ураганом «Лотар» спустя 10 лет только во Франции было вывалено 138 млн. м³, а в Швейцарии – 12.8 млн. м³ древесины, что, соответственно, в 3.0 и 2.8 раза превышает размер годовичного лесопользования в этих странах.



Например, для лесов таежной зоны Урала ветровал является постоянно действующим экзогенным фактором. Считается, что бури широкого масштаба возникают здесь сравнительно редко – один раз в 50–75 лет. Узколокальные буревалы повторяются чаще, а не сплошные – практически ежегодно. По данным В.Г. Туркова (1979), крупные ветровалы на Урале были в 1799, 1859, 1879 и 1892 гг. Однако в XX в. масштабы и последствия ветровала в этом регионе все чаще приобретают катастрофический характер. Только за последние 30 лет были полностью разрушены или серьезно повреждены огромные лесные массивы в Пермской и Свердловской областях. Так, в 1975 г. по данным А.А. Рожкова и В.Г. Козака (1989) на западном склоне Урала (север Пермской области) ураганом был повален лес на площади 260 тыс. га с запасом древесины более 22 млн. м³. В Свердловской области по официальным данным лесной службы ветровальные явления – одна из главных причин гибели лесов. За последние 30 лет



Рис. 30. Динамика лесных пожаров в Тамбовской области
(по: <http://68.mchs.gov.ru>)

от ветровала в той или иной мере пострадали насаждения в 46 лесхозах из 51, т. е. практически на всей территории области. Особенно сильный ущерб лесам области был нанесен в июне 1995 г., когда в результате воздействия ураганного ветра в сочетании с мокрым снегом ветровал охватил площадь более 350 тыс. га.

К оригинальным выводам пришел профессор В.В. Клименко (см. сайт <http://www.polit.ru/lectures/2005/11/02/climate.html>). На одной из своих публичных лекций он представил реконструированную им температурную кривую среднегодовой температуры для Центральной России с 1450 г. (рис. 31). На этом рисунке одна кривая демонстрирует как изменялась температура в прошлом, другая показывает прогноз ее динамики в условиях отсутствия современной цивилизации на ближайшие 50 лет, а третья – это то, что будет происходить с температурой в случае продолжающейся человеческой деятельности. Эти данные были получены следующим образом: температурный ряд обрабатывался определенными математическими методами, предполагая, что мы живем в середине XIX в. без развитой промышленности. Далее, этот температурный ряд, который обусловлен только естественными колебаниями климата, продолжается в будущее. И он нас приводит, по расчетам Клименко, к сильному похолоданию в середине XXI в., примерно такому же, какое погубило половину Европы в конце XVII в. Существование современной цивилизации с ее сильным антропогенным влиянием на климат является, по мнению автора, нашим спасением (!) от этого ужасного сценария. Автор

полагает, что это важный момент дискуссии о том, насколько Россия заинтересована или нет в глобальном потеплении. Здесь важно знать следующее: что бы мы ни делали, какие бы усилия не предпринимали, климат – это живая субстанция, которая всегда подвержена изменениям. Поэтому нам нужно, прежде всего, самим понять, что лучше: когда климат теплеет или холодает, считает автор. Он уверен, что именно антропогенное воздействие удерживает Землю от того, чтобы она не сорвалась в очередной ледниковый период уже в ближайшие столетия. Сейчас мы живем в эпоху чрезвычайно низких содержания CO_2 в атмосфере, считает автор. Сжигая органическое топливо, человек реконструирует атмосферу прошлых, гораздо более благодатных климатических эпох. Потому что известно, указывает автор, что во времена динозавров концентрация CO_2 в атмосфере была в 4–6 раз больше и продуктивность биосферы была, соответственно, во много раз выше, чем сейчас.

По мнению другого авторитетного ученого В.П. Мелешко (2007) изменение климата создает для России – с учетом ее географического положения, экономического потенциала, демографических проблем и геополитических интересов – новую ситуацию, и руководству страны необходимо осознать важность грядущих перемен с точки зрения национальных интересов.



Рис. 31. Изменение температуры воздуха на Русской равнине в прошлом и будущем (по: В. В. Клименко, 2005)

Резюмируя все сказанное выше об изменении климата на нашей планете на протяжении миллиардов лет можно смело сказать, что основными причинами долговременных флуктуаций климата являются разного рода естественные факторы внешней среды, которые действуют независимо от человека. Эти факторы существовали и действовали на Земле задолго до появления человеческой цивилизации. Они действуют и сейчас, помимо нашей воли. Другой вопрос, усилила ли активная деятельность человека в последние столетия действие этих естественных природных сил или нет. Именно на этом важном вопросе произошел принципиальный раскол не только среди ученых, но и внутри мирового сообщества. Большинство климатологов в мире считает, что современное потепление климата на нашей планете вызвано не естественными, а техногенными (антропогенными) причинами, связанными с чрезвычайно активной деятельностью человека. Эту позицию разделяет большая часть мирового сообщества – от правительств многих государств до простых людей. Об этом свидетельствуют выводы многочисленных авторитетных международных комиссий, конгрессов и конференций, посвященных проблеме изменения климата. Недавно Всемирный Банк развития опубликовал свой доклад о мировом развитии и изменении климата в 2010 г., где четко сказано, что *«за последнее тысячелетие колебания средней температуры на Земле не выходили за пределы 0.7°C; однако выбросы в атмосферу парниковых газов в результате человеческой деятельности за последнее столетие привели к резкому повышению температуры на планете. Прогнозируемое повышение температуры в течение следующих ста лет в результате увеличения объема выбросов, возможно, приведет к потеплению атмосферы планеты на 5°C по сравнению с доиндустриальной эрой. Человечество никогда не сталкивалось с потеплением такого масштаба и его физические последствия могут жестко ограничить возможности развития. Только принятие незамедлительных и широкомасштабных мер по сокращению выбросов парниковых газов может помочь избежать опасностей, связанных с потеплением климата»* (см. сайт <http://www.un.org/russian/esa/worlddev2010.pdf>).

В то же время другие специалисты не разделяют общепринятой концепции и полагают, что современное потепление климата яв-

ляется естественным процессом, и нет достаточно убедительных доказательств тому, что это есть результат деятельности человека, приведшей к так называемому парниковому эффекту, негативно влияющему на климат Земли. Нельзя не согласиться с высказыванием ведущего российского специалиста в области физики атмосферы академика К.Я. Кондратьева относительно проблемы глобального потепления: *«К сожалению, слишком большую роль в росте внимания к проблемам климата сыграли различного рода спекулятивные преувеличения и апокалиптические прогнозы (например, – полного таяния арктических морских льдов в первой половине текущего столетия), благодаря которым проблематика изменений климата, сформулированная в форме концепции антропогенно обусловленного глобального потепления, стала острым предметом геополитики»* (см. сайт <http://www.nwipc.ru/articles.htm>). Поэтому серьезные мероприятия, подобные известному Киотскому протоколу, по снижению выбросов парниковых газов в атмосферу странами мира неэффективны, считают эти специалисты. Если современное потепление климата вызвано природными силами, то никакие усилия человечества пока не могут повлиять на этот глобальный и сложный процесс. Нередко сторонники антропогенной концепции потепления климата, сознательно противодействуют научным публикациям, противоречащим этой концепции. *«Это чудовищно»*, – говорит в недавнем интервью журналу *«Wall Street»* Пэт Майклз, специалист по климату из Института Като в Вашингтоне. *«Этого все боялись. В последние годы климатологам, которые не рассматривают проблему климатических изменений в апокалиптическом стиле, становилось с каждым годом все труднее и труднее публиковать свои работы. Это не просто сомнительная практика, это аморально»*.

Другое дело, что мировое сообщество должно быть готово к дальнейшим изменениям климата, независимо от того, каковы причины этих изменений, поскольку их последствия представляют серьезные угрозы для всего человечества. По данным того же Всемирного Банка развития *«глобальное потепление климата сопровождается изменением характера распределения осадков и учащением экстремальных погодных явлений, таких как засухи, наводнения и лесные пожары. Миллионы людей в густонаселенных прибрежных районах*

и островных государствах утратят свои дома в результате подъема уровня моря. Бедное население в странах Африки, Азии и других регионах мира стоит перед угрозой трагических последствий возможной гибели урожаев, падения производительности сельскохозяйственного производства и нарастающей проблемы голода, недоедания и болезней... Мы должны действовать совместно, поскольку изменение климата – это кризис, затрагивающий общее достояние человечества. Проблема изменения климата не может быть решена без сотрудничества стран в глобальном масштабе в целях повышения энергоэффективности, разработки и внедрения экологически чистых технологий» (см. сайт <http://www.siteresources.worldbank.org>).

В подавляющем большинстве промышленно развитых стран изменение климата рассматривается как первоочередная проблема, которая требует всестороннего изучения и разработки долгосрочных программ. Очевидно, что в XXI в. антропогенное воздействие на климат и меры, направленные на уменьшение негативных последствий этих изменений, будут в центре внимания всего мирового сообщества. В любом случае, полагают многие ученые, настало время осознать, что человечество столкнулось с серьезной глобальной проблемой. Требуются дальнейшие исследования и разработка адекватных моделей изменения климата, которые позволят не только прогнозировать дальнейшее развитие событий, но и разработать меры борьбы с негативными последствиями глобального потепления.



Глава 2

Экологические последствия потепления климата

Когда в середине 70-х гг. XX в. началось очередное глобальное потепление климата на нашей планете, резко повысился интерес ученых к проблеме влияния климата на биосферу, что сразу подстегнуло разного рода исследования, в том числе и фенологические. Теперь в солидных научных журналах ежемесячно публикуются десятки статей, посвященных влиянию климата на те или иные организмы. По всему миру исследователи стали усиленно разыскивать старые фенологические наблюдения, составлять из них многолетние ряды и подробно анализировать. Можно сказать, что сейчас в Европе, Америке и Канаде наблюдается настоящий фенологический бум, который потихоньку начинает охватывать и Россию. Камилла Пармесан из Техасского университета в специальном обзоре (2006), посвященном экологическим и эволюционным ответам, отмечает, что из 866 выявленных ею серьезных публикаций (с 1899 по 2006 гг.), касающихся влияния климата на животных и растения, 349 (40%) появились в печати только за последние три года. По ее данным абсолютное большинство работ было выполнено в Северной Америке, Северной Европе и России.

Согласно одной из оценок, проведенной Пармесан, более чем у половины (59%) из 1598 исследованных видов с точки зрения влияния климата на их жизнь выявлены те или иные изменения в их фенологических явлениях или распространении, примерно у 40% видов

обнаружена связь этих изменений с климатом. Есть прогнозы, что климатические изменения в ближайшие 50 лет могут поставить около четверти наземных растений и животных на грань вымирания. По оценкам некоторых ученых к 2050 г. с лица Земли может исчезнуть до 1 млн. видов флоры и фауны (рис. 32).

В бывшем Советском Союзе и нынешней России практически во всех заповедниках в обязательном порядке велась и до сих пор ведется так называемая «Летопись природы», в которую записывается разного рода фенологическая информация. Был период, когда эта информация обрабатывалась и публиковалась, но потом этот процесс постепенно угас, и к фенологическим работам перестали относиться серьезно. Теперь в России вновь возрождается интерес к данным многолетних мониторингов, которые представляют собой ценную научную информацию.

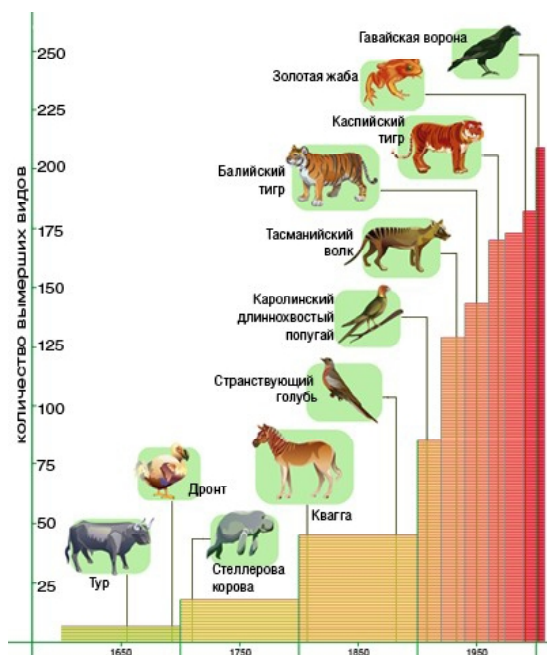


Рис. 32. Количество вымерших видов птиц и млекопитающих с 1600 по 2000 гг.

Влияние климата на растения

К внешним или экзогенным факторам, влияющим на время начала развития растений, относят продолжительность дня (фотопериод), температуру и влажность воздуха. Эти факторы выступают в качестве сигнальной информации о состоянии окружающей среды, которая позволяет синхронизировать развитие растений с периодическими изменениями погоды.



Согласно данным О.М. Хейде (1997), все травянистые растения, произрастающие в зонах холодного и умеренного климата, можно объединить в 2 группы, отличающиеся характером экзогенного контроля цветения: растения, которые переходят к цветению при длинном дне (например, однолетние злаки) и не требуют периода понижения температур, и растения с первичной и вторичной (двойной) индукцией цветения (большинство многолетних трав). У последних первичная индукция осуществляется осенью (короткий день и/или низкие температуры), а вторичная – в весенне-летний период следующего года (длинный день и умеренно высокие температуры).

Связь сроков вегетации растений с температурой среды

На тесную связь начала и продолжительности таких фенологических фаз, как распускание почек и цветение с температурой воздуха указывают многие исследователи. Считается, что реакция разных растений на более раннее наступление весны может отличаться в зависимости от типа периода их покоя и погоды в зимний сезон. Кроме того, ряд авторов полагает, что начало активной вегетации растений зависит не столько от дневных, сколько от ночных температур воздуха, скорости прогревания и влажности почвы весной. В Японии и Южной Корее начало цветения сливовых зависит от зимней температуры января и весенних температур марта и апреля. К примеру, если

температура марта увеличивается на 1°C , то цветение начинается на 3–4 дня раньше. В Англии при повышении ранней весной температуры воздуха на 1°C появление первых листьев на дубе наблюдается на 6 дней раньше по сравнению с нормой (рис. 33, 34).

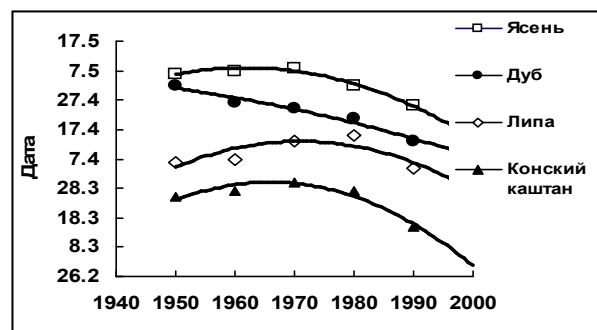


Рис. 33. Многолетнее изменение средних дат распускания почек деревьев в Англии во второй половине XX в. (по: T. Sparks, R. Gill, 2001)

Согласно этим данным, изменениями температуры воздуха с января по март можно объяснить 60% вариаций в дате появления листьев у дуба в центральной Англии за период с 1947 по 1996 гг. Осенью пожелтение листьев у клена пальчатого и гинкго происходит позже на 2–7 дней при повышении температуры на 1°C . В Норвегии у многих древесных растений начало распускания почек (стартовая дата роста) в значительной мере зависит от температур воздуха в апреле. Если для рано цветущих (лещина обыкновенная, козья ива) и распускающихся (слива) растений базовая температура для старта приходится на начало апреля, то для поздно распускающихся (ясень обыкновенный) — на середину апреля.

В Германии стартовая дата распускания почек у груш и яблонь приходится на более ранние сроки — 11 марта, за 40 дней до зацветания груш и за 46 дней до зацветания яблонь. Продолжительность развития этих растений в Германии на две недели короче, чем в Норвегии. Это связано с тем, что в более южных регионах весенняя температура воздуха значительно выше, чем в северных.

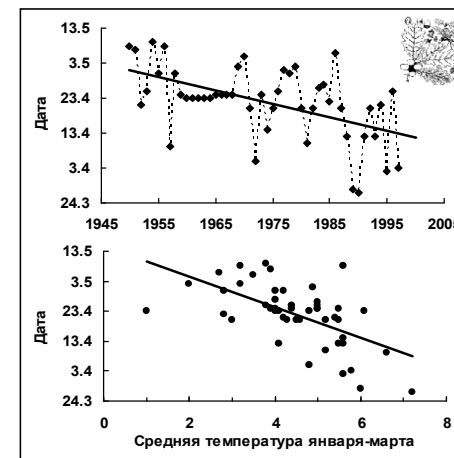


Рис. 34. Связь сроков цветения дуба с зимне-весенней температурой воздуха в Англии (по: T. Sparks, 1999)

Слежение за сроками цветения растений (фитомониторинг) в некоторых странах мира ведется уже на протяжении нескольких столетий. К примеру, в Японии время начала цветения знаменитой сакуры документально регистрируется с IX в., а в Китае — с XI в. В Японии сакура расцветала рано в IX и начале X в., когда установился относительно теплый период. Позже наступило похолодание почти на 400 лет, в результате даты цветения вишни отодвинулись в среднем на 5–6 дней. В Японии в период с 1953 по 1987 гг. цветение у ряда растений сместилось на более поздние даты (на 0.6–1.8 дня за десятилетие), но в последнее десятилетие прошлого столетия в связи с потеплением климата в Восточной Азии проявилась тенденция к более раннему началу цветения. В Китае в настоящее время цветы сирени, персика и абрикоса распускаются в среднем на три дня раньше, чем в 50-е гг. прошлого столетия.

В ряде стран Западной Европы продолжительность фенологических наблюдений лишь иногда достигает 250 лет, чаще — 100–150 лет и меньше. Согласно этим данным для многих растений зарегистрировано более раннее (на 1.4–3.1 дня за десятилетие) начало цветения и раскрытия почек, особенно это проявилось в последние два десятилетия. В тоже время средние даты раскраски

листвы у некоторых видов древесных растений сдвинулись на более позднее время. Известный эстонский фенолог Р. Ахас с коллегами сравнил многочисленные данные по изменению сроков начала цветения некоторых видов растений в Западной и Восточной Европе на протяжении почти 50 лет – с 1951 по 1998 гг. (рис. 35).

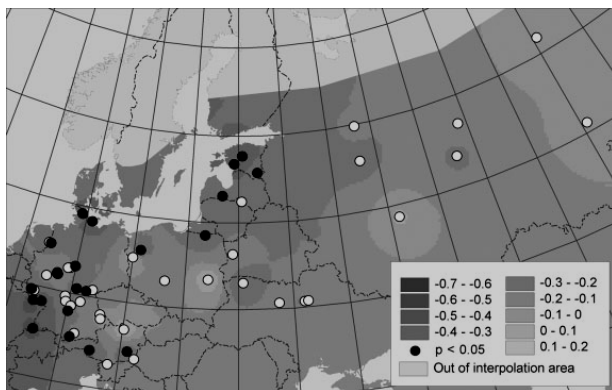


Рис. 35. Изменение начала распускания почек у бородавчатой березы в разных частях Европы в период с 1951 по 1998 гг. (на карте разной интенсивностью цвета показаны области, в которых отмечена тенденция к более раннему – цифры со знаком “–” и позднему – со знаком “+” началу фенофазы; цифры обозначают величину смещения – число дней за год; черными кружками указаны районы, где наблюдалась значимая тенденция; по: R. Ahas и др. 2002)

Исследователи обнаружили, что в Западной и Центральной Европе у большинства видов весенние фенофазы заметно сместились на более ранние даты (в среднем на 4 недели), тогда как в Восточной Европе они не изменились или, наоборот, отодвинулись на более поздние сроки (до двух недель). Раньше всего стали распускаться почки в Западной Европе и в Балтийском регионе у лещины, а появляться цветы у мать-и-мачехи (на 0.3–0.4 дня за год).

Раннее наступление весенних фенофаз в Западной и Центральной Европе исследователи связывают с частым в последние десятилетия приходом теплых воздушных масс воздуха с Атлантики в зимне-весенний период. В то время как на растения в Восточной Европе

существенное влияние оказывает приход холодного воздуха с северо-востока при установлении Сибирского антициклона. В Эстонии начало цветения у многих видов растений за 78 лет (1919–1996) сместилось на более ранние даты, в среднем на 3–14 дней. Наибольшее смещение (на 14 дней) было зарегистрировано у ветреницы дубравной. Причем, в прибрежных регионах с более морским климатом изменение сроков цветения происходило в два раза быстрее, чем в материковой части Эстонии.

В Испании, начиная с середины 70-х гг. XX в., сроки появления листьев, весеннее цветение и летнее созревание фруктов (плодов) у трех десятков видов растений существенно сместились на более ранние даты. Однако для осеннего цветения растений и созревания фруктов, а также листопада не было выявлено какого-либо значимого тренда (рис. 36).

По данным итальянских исследователей на о. Сардиния уровень осадков в течение месяца перед началом цветения растений мало влиял на средиземноморские виды, но оказывал заметное влияние на интродуцированные (завезенные) виды растений. Так, например, засуха в предшествующий месяц могла быть причиной более раннего цветения у ивы.

В целом в Западной Европе в период с 1969 по 2000 гг. начало развития многих видов растений сдвинулось на более ранние даты (в среднем на 9 дней, т.е. на 3 дня за десятилетие), в то время как сроки окончания их развития изменились мало. В результате продолжительность всего сезона развития многих растений увеличилась в среднем на 11 дней к концу прошлого столетия. Длительный мониторинг (с 1808 г.) за цветением конского каштана в Женеве (Швейцария) показал, что до 1920 г. даты распускания почек приходились в среднем на конец марта, к 2000 г. они сместились на середину февраля, а в отдельные годы даже на начало января (рис. 37). Столь существенный сдвиг начала развития у каштана был связан не только с общим потеплением климата в Европе, но и с искусственным увеличением температуры воздуха в городских условиях.

В США американские исследователи М. Абу-Асаб и др. (2001) проанализировали сроки первого цветения у 100 видов растений в районе Вашингтона на протяжении 30 лет (в период с 1970

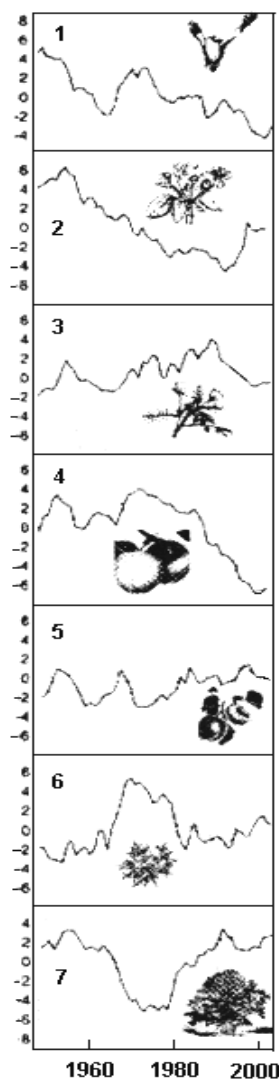


Рис. 36. Многолетняя динамика сроков фенологических явлений у растений в Испании: 1 – распускание почек, 2 – весеннее цветение, 3 – осеннее цветение, 4 – летнее плодоношение, 5 – осеннее плодоношение, 6 – листопад, 7 – продолжительность вегетации (числа на вертикальной оси указывают смещение сроков цветения на более ранние – цифры со знаком “–” и более поздние – “+” даты; по: O. Gordo, J.J. Sanz, 2005)

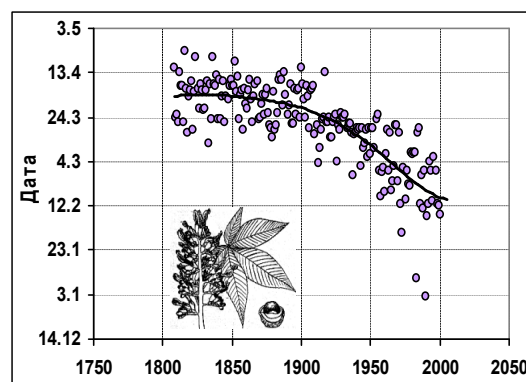


Рис. 37. Многолетние изменения сроков цветения конского каштана в Женеве (по: C. Defila, B. Clot, 2003)

по 1999 гг.). У 89 видов было выявлено значимое смещение сроков цветения на более ранние даты, в среднем – на 4.5 дня. Более раннее цветение у исследованных видов было напрямую связано с увеличением минимальной температуры воздуха. Только у 6 исследованных видов была зарегистрирована значимая тенденция к более позднему цветению, в среднем на 7 дней. В западной части США сдвиг к более раннему цветению (на 2–3.8 дня за десятилетие) был обнаружен у обыкновенной сирени и двух видов жимолости. В юго-западной части США (Аризона, Нью-Мексико, Колорадо и Юта) наибольшее потепление зарегистрировано в 1953–1956 и 2000–2003 гг. В результате из-за сильной засухи в эти периоды погибло более 90% деревьев одного из американских видов сосны, доминирующего в исследуемых районах. Причем, в 50-е гг. больше погибало старых деревьев (в возрасте более 100 лет), тогда как в последнее потепление гибли деревья разных возрастов и размера. В Канаде (Альберта) исследователи тоже обнаружили тенденцию к более раннему цветению у нескольких видов растений. Наиболее сильно это было выражено у осины – сроки почти за сто лет (1900–1996) сместились на 26 дней (рис. 38). Это было связано с повышением температуры и частотой прихода теплого течения Эль-Ниньо в исследуемом регионе.

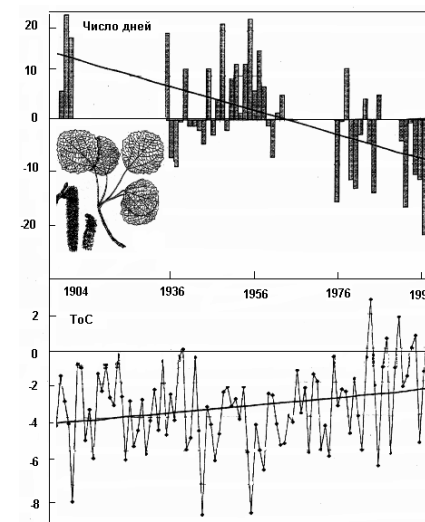


Рис. 38. Многолетние изменения весенних сроков начала цветения осины и зимне-весенних температур (февраль-апрель) в Канаде (числа на вертикальной оси указывают смещение сроков цветения на более ранние – цифры со знаком “–” и более поздние – “+” даты; по: E.G. Beabien, H.J. Freeland, 2000)

Исследователи в Австралии также выявили влияние изменения климата на сроки цветения многих видов растений. Они обнаружили, что у 56 видов растений в штате Виктория на протяжении последних 22 лет заметно сдвинулись даты начала цветения. У 24 видов они сместились на более ранние даты (в среднем на две недели), у других – на более поздние. За период исследования (1983–2004 гг.) в Австралии наблюдалось 13 наиболее теплых лет. Специалисты считают, что в Австралии многие виды хорошо адаптированы к резким колебаниям климата.

С целью выявления степени влияния климата на растения в разных регионах России мы использовали многолетние фенологические наблюдения за сроками цветения, пыления и листопадом у ряда видов в нескольких заповедниках. Данные были любезно предоставлены нам сотрудниками заповедников. Был проведен детальный анализ долговременных трендов (с 1970 по 2000 гг.) сроков начала цветения и распускания почек у так называемых индикаторных видов растений на огромной территории – от Карелии до Урала. Также была выяснена степень связи фенофаз этих растений с локальными весенними температурами воздуха и глобальными погодными индексами. Анализ показал, что сроки цветения растений значительно сместились на более ранние сроки в Карелии (у 73% исследованных видов) и в Архангельской области (у 57%). Однако на Южном Урале в Ильменском заповеднике у подавляющего большинства исследованных видов растений не произошло существенного изменения сроков их цветения.

В Ильменском заповеднике фенологические наблюдения проводятся по программе «Летопись природы» с 1937 г. Однако лишь с 1972 г. они стали регулярными. Ильменский заповедник расположен в южнотаежной зоне в восточных предгорьях Южного Урала. Климат здесь умеренно континентальный, с резкими контрастами температуры и увлажнения, коротким летом и снежной зимой. Температурный режим резко меняется в зависимости от рельефа. Всего в качестве фенологических индикаторов в Ильменском заповеднике нами было выбрано 9 видов травянистых и древесных растений, фенофазы которых лучше всего регистрируются и сигнализируют о наступлении соответствующих сезонов. Интересно, что у большинства исследу-

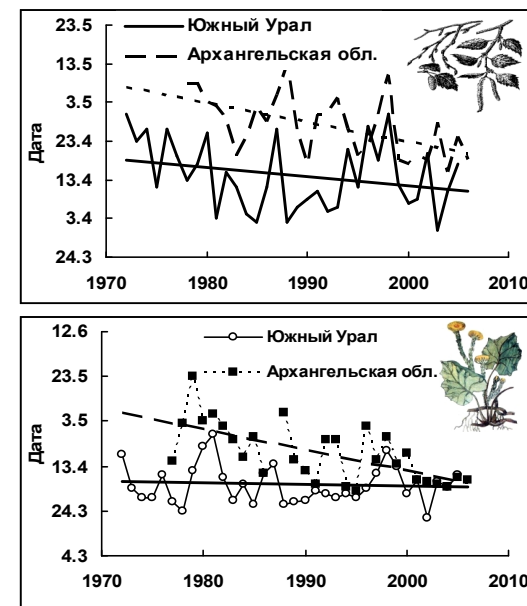


Рис. 39. Изменения сроков распускания почек березы на Южном Урале и в Архангельской обл.

Рис. 40. Многолетние изменения сроков цветения мать-и-мачехи на Южном Урале и в Архангельской обл. (по: Н.С. Гордиенко, Л.В. Соколов, 2009; С.Ю. Рыкова, неопубликованные данные)

дованных травянистых и древесных видов растений в Ильменском заповеднике наблюдались значительные межгодовые флуктуации в сроках начала цветения и распускания почек сходные с таковыми в Пинежском заповеднике в Архангельской области (рис. 39, 40).

Величина этих колебаний была одинаковой как у ранне-, так и у поздневесенних растений. Разница между самой ранней и поздней регистрацией начала цветения у ранневесеннего вида – мать-и-мачехи – и поздневесеннего – брусники – составила 24 дня. Начало пыления обыкновенной сосны также сильно варьировало в разные годы. Отсутствие достоверных отличий в степени вариации сроков начала

цветения и распускания почек у ранне- и поздневесенних растений объясняется тем, что в Ильменском заповеднике подекадные весенние температуры воздуха с конца марта по конец мая имели сходную величину межгодовых флуктуаций. Сильные межгодовые вариации наблюдались не только в сроках цветения растений, но и в сроках пожелтения и опадания листвы у березы повислой и пушистой и хвои у сибирской лиственницы.

Анализ трендов сроков цветения и распускания почек показал, что из 8 видов растений только 2 вида (мать-и-мачеха и ива козья) имели тенденцию (правда, не значимую) к более раннему началу цветения и распускания почек (рис. 39). Эти виды относятся к ранневесенним растениям. У остальных видов на Южном Урале не выявлено какой-либо выраженной тенденции в изменении сроков цветения или распускания почек. Это явно противоречит результатам, полученным в других регионах Европы (включая Северо-Запад России), где в последние два десятилетия отмечается значительное смещение начала цветения и распускания почек на более ранние календарные даты у многих видов растений (см. рис. 33–35).

Анализ трендов изменения весенних температур воздуха в Ильменском заповеднике позволил объяснить тот факт, почему сроки начала цветения и распускания почек у растений в данном регионе не изменились за 34 года, несмотря на современное потепление климата, наблюдающееся во многих странах Европы. Ни для одного из весенних месяцев на Южном Урале не было выявлено какого-либо достоверного тренда среднемесячной или подекадной температуры воздуха в период исследования с 1972 по 2005 г. (рис. 41). В то время как во многих странах Европы и на Северо-Западе России имело место



Рис. 41. Многолетние колебания весенней (апрельской) температуры воздуха на Южном Урале и в Архангельской обл.

достоверное повышение весенних температур воздуха (с марта по май) в последние три десятилетия XX в.

Несмотря на отсутствие явных трендов в смещении сроков цветения растений на Южном Урале анализ выявил значимую обратную зависимость между сроками начала фенофаз и весенними температурами воздуха у всех исследованных видов (рис. 42). Достоверная связь сроков начала цветения с весенней температурой воздуха была выявлена как у ранне-, так и поздневесенних растений. Эти данные свидетельствуют о том, что сроки цветения и распускания почек у разных видов растений на Южном Урале, как и в других регионах Северного полушария, в сильной мере зависят от температурного режима весны. Если весна в том или ином регионе устанавливается ранней и теплой, то у многих видов растений цветение и распускание почек начинаются значительно раньше, чем в годы с поздней и холодной весной.

В свое время П.М. Медведев (1964) показал, что дата начала «расцвечивания» листьев у карликовой березы и гладковатой рябины

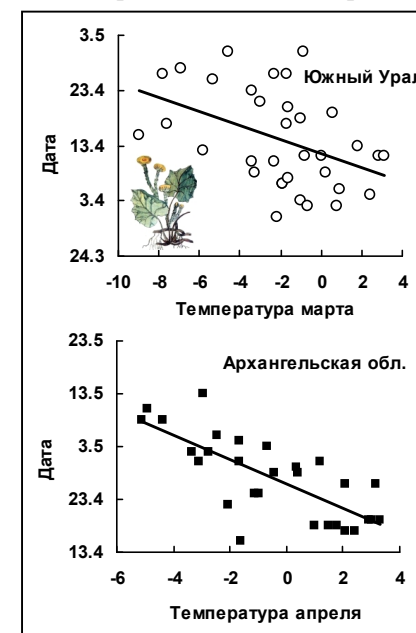


Рис. 42. Связь фенофаз растений (мать-и-мачеха) с весенней температурой воздуха на Южном Урале и в Архангельской обл.

зависит как от летне-осенних, так и от весенне-летних температур. При повышении температуры воздуха в первой половине вегетационного сезона «расцветивание» наступает раньше, а во второй половине лета и осенью – позднее.

Что касается изменения сроков проявления таких фенологических явлений как раскраска (пожелтение) листвы или хвои, то на Южном Урале у березы отмечен слабый отрицательный тренд, а у сибирской лиственницы, наоборот, – значимый положительный тренд. Дата массового пожелтения хвои у сибирской лиственницы в Ильменском заповеднике также была значимо связана с апрельской температурой воздуха: чем выше температура, тем раньше происходило пожелтение (рис. 43). В Западной Европе в последние десятилетия также фиксируются положительные тренды средних дат раскраски листвы у ряда древесных растений.

Итак, проведенный нами сравнительный анализ показал, что тенденции к более раннему цветению растений наиболее сильно выражены в тех регионах России, где имело место значимое увеличение весенних температур воздуха в последние десятилетия XX в. Судя по данным более 100 метеостанций, которые мы проанализировали, зна-

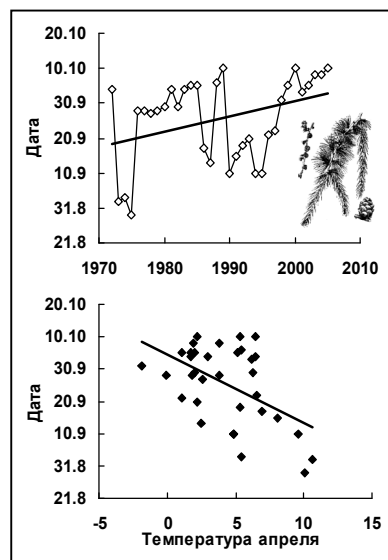


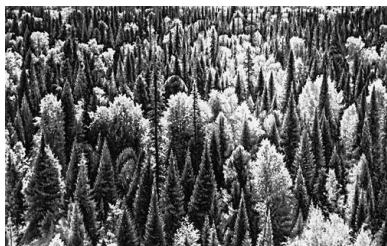
Рис. 43. Изменение даты массового пожелтения хвои сибирской лиственницы и ее связь с весенней температурой воздуха на Южном Урале

чимое повышение весенних температур воздуха в исследуемый период отмечалось не во всех регионах России, в отличие от Западной Европы. Результаты нашего исследования подтверждаются данными А.А. Минина (2000), который установил, что на юге европейской части России, в районе Тамбова и Воронежа, в последние десятилетия XX в. не наблюдалось повышения весенних температур воздуха, даже наоборот – часто регистрировались холодные поздние весны. В связи с этим не происходило никакого заметного смещения в сроках вегетации растений. Минин предполагает, что тенденцию на установление более ранних сроков весенних фаз у березы, черемухи и рябины ослабляет потребность растений в достаточно длительном периоде покоя, что является своеобразным контролирующим механизмом, гарантирующим защиту растений от ранних заморозков

Отличие от Южного Урала сроки начала цветения некоторых видов растений в Среднем Приамурье (в Хинганском заповеднике) по данным Т.А. Париловой и ее коллег (2006) в последние десятилетия XX в. сместились на более раннее время в связи с наблюдаемым возрастанием зимне-весенних температур воздуха в данном регионе. Вследствие наступления фенологической весны в более ранние сроки на 10–15 дней раньше стали наступать такие феноявления, как появление проростков папоротника орляка и черемши, начало цветения болотной калужницы, ландыша Кейске, одуванчика и земляники. Наступление таких фенофаз, как начало набухания почек, зеленения и цветения азиатской черемухи и сибирской яблони, практически не изменилось.

Таким образом сроки цветения и распускания почек у растений, независимо от их географического и систематического положения, а также времени протекания этих процессов, в значительной мере зависят от температурного режима весны. В годы с ранней и теплой весной развитие начинается значительно раньше, чем в поздние и холодные весны. Это, видимо, является общей закономерностью для самых разных регионов Северного полушария. Весной по мере прогревания воздуха и почвы на север идет так называемая «зеленая волна» выходящих из зимнего покоя растений, которая создает кормовую базу для многих видов насекомых, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.

Влияние изменения климата на леса



Бореальные (северные) леса и леса умеренного пояса – одни из самых крупных наземных экосистем на нашей планете. Российские леса составляют 22% всех лесных территорий мира. Они поддерживают стабильность биосферы и обеспечивают человечество лесными ресурсами. В течение голоцена (последние

10–12 тыс. лет) эти леса испытывали воздействие значительных изменений климата. Потепление климата в XX столетии оказало влияние на состав и структуру лесных экосистем и их пространственно-временную динамику, особенно в тех районах, где древесная растительность находится в экстремальных климатических и почвенно-грунтовых условиях. Ученые пытаются дать количественные оценки влияния потепления на рост бореальных лесов. Так, по расчетам А.О. Кокорина и И.М. Назарова (1995) увеличение скорости роста вследствие потепления в северной и средней сибирской тайге может составлять 12–15% на 1°C, что в 3–4 раза больше, чем в южной тайге. По мнению уральских ученых С.А. Шавнина с коллегами (2009) это хорошо соотносится с оценочным изменением фотосинтетически активной радиации в вегетационный период, которая может вырасти на 15%, 12.5% и 6.5% в северной, средней и южной тайге соответственно при повышении температуры на 1°C.

Погодные и климатические аномалии и вызываемые ими опасные явления (ветровалы, лесные пожары, вспышки размножения насекомых-вредителей и др.) все более и более связывают с происходящим изменением климата, и ученые уделяют все большее внимание изучению этих явлений. Наблюдение, оценка и моделирование этих процессов являются важнейшими инструментами, которые позволяют пролить свет на характер будущих изменений. В последние десятилетия выполнено достаточно много исследований, посвященных реакции лесных экосистем и их компонентов на изменения климата в различных районах произрастания бореальных и умеренных лесов

(Азия, Европа, Северная Америка). Однако, по мнению уральских ученых С.Г. Шиятова и С.Б. Залесова (2006), до сих пор недостаточно изучены причинно-следственные связи между глобальными и локальными изменениями климата и лесными экосистемами. Чтобы понять современную и будущую структуру, биоразнообразие и функционирование бореальных и умеренных лесов, важно знать, как взаимодействуют климат и катастрофические явления в лесу и как ожидаемые изменения повлияют на экологическую стабильность лесов. Э.Г. Коломыц в одной из своих статей (2009) справедливо отмечает, что вопросы прогнозирования динамики лесных экосистем в условиях меняющегося климата разработаны еще весьма слабо. Известные имитационные модели западных ученых часто отвечают узким заданным рамкам условий местообитания, поэтому результаты такого моделирования, пишет Коломыц, недостаточны для прогноза состояния всего лесного сообщества как целого. Автор предлагает свой прогноз, осуществленный на основе одной из новейших экстремальных прогнозно-климатических моделей, сделанной по методике разработанной на основе дискретного эмпирико-статистического моделирования экосистем. По прогнозу автора в ближайшие десятилетия в результате потепления климата на месте подзоны широколиственных лесов и южной полосы подтаежной зоны Среднего Поволжья будет развиваться хвойная (сосновая) лесостепь как новый (для Русской равнины) зональный экотон прямого контакта бореальных и степных растительных формаций с мозаичным комплексом светловойных и дубово-мелколиственных парковых лесов, лугов и степей. Таковым, по мнению автора, по-видимому, будет восточный вариант общего процесса «саваннизации» широколиственных и смешанных лесов на Русской равнине при глобальном потеплении.

Наиболее чувствительна к изменениям климата растительность в высокогорных и высокоширотных районах мира. Это подтверждают результаты многочисленных исследований процессов возобновления леса на верхней и полярной границах их распространения – в Канаде, США, Северной Европе, России и др. Факты подъема границ лесной растительности в XX в. зарегистрированы в высокогорьях Швеции, Швейцарии, Франции, Новой Зеландии, Африки и др. Высокогорные лесные и лесотундровые сообщества – идеальный



объект для исследования ранней реакции растительности на климатические изменения, считают В.В. Фомин и его коллеги из Уральского лесотехнического университета. Это обусловлено тем, что они находятся в жестких климатических условиях и начинают раньше реагировать на изменение климата по сравнению с сообществами, расположенными на более низких высотах. Анализ ландшафтных фотографий горных вершин Урала, сделанных в первой и второй половинах прошлого столетия, свидетельствует о заметном вертикальном смещении границы лесной растительности на Южном и Полярном Урале. Установлены факты смещения сомкнутого леса в тундру на Полярном Урале.

По данным В.И. Харука с коллегами (2006) на территории Сибири наблюдается продвижение лиственницы в зону тундры и одновременно ее вытеснение другими более теплолюбивыми видами в районах ее традиционного произрастания. В горах Полярного Урала, по данным С.Г. Шиятова с коллегами (2005), отмечено сокращение площадей с сомкнутыми лесами, а также увеличение прироста деревьев в высоту и по диаметру. В горных районах Северного Урала, согласно исследованию Д.С. Капралова и др. (2006), под влиянием изменения климата отмечено продвижение верхней границы мелколесий вверх по склонам, а также увеличение сомкнутости и высоты ранее существовавших древостоев.

По мнению уральского ученого С.А. Мочалова (2002) потепление обусловит перемещение большинства зон растительности. Согласно имеющимся прогнозам, граница бореальных лесов Евразии продвинется на 500–1000 км на север. Конечно, лесные экосистемы имеют большие диапазоны толерантности и их отклик на изменения климата не будет мгновенным. Запаздывание ответных реакций может составлять от десятков до сотен лет. Однако в горных районах Южного Урала на основе детальных дендрохронологических данных С.Г. Шиятовым (1986) с коллегами уже выявлен явный сдвиг верхней

границы леса, причем особенно активно идет распространение ели: с начала 1960-х гг. этот вид продвинулся на 60–80 м вверх или на 500–600 м по склону. Здесь же наблюдается резкое сокращение тундровых участков, и через 50 лет тундровые экосистемы в исследуемом регионе могут полностью исчезнуть. Палеоклиматические исследования на основе анализа пыльцы позволяют реконструировать видовой состав и распространение сибирских лесов и проследить их изменения в последние тысячелетия. 4600–6000 лет назад в северной части Сибири среднегодовая температура была на 2–5°C выше, чем в наше время. При этом и осадков выпадало на 100–200 мм больше, т. е. на 20–30% больше, чем сегодня. Вследствие более высоких температур и большего количества осадков верхняя граница леса тогда проходила севернее, чем сегодня. Если повышение температуры, наблюдаемое в последние 100 лет, продолжится в таком же темпе или даже ускорится, то сибирские леса, прогнозирует С.А. Мочалов (2002), в довольно близком будущем могут снова выглядеть так же, как и 4600 лет назад. То есть, доминировать в них будет не лиственница, а, прежде всего, ель, пихта и кедр. На Западном Кавказе П.В. Акатов (2009) обнаружил тенденцию к поднятию верхней границы распространения широколиственных пород (клена платановидного и ложноплатановидного, ильма), а также березы Литвинова, в то время как граница распространения пихты Нордмана за последние десятилетия оставалась стабильной.

Более теплый климат должен вызвать удлинение периода вегетации у древесных растений, что будет способствовать увеличению их продуктивности и накоплению биомассы. В ряде работ показано, что изменения в структуре растительных сообществ в пределах лесотундры в наибольшей степени зависят от летних температур и осадков. Другие исследователи указывают на тесную зависимость роста и выживания деревьев от погодных условий в холодный период года: температуры воздуха, мощности снежного покрова и скорости ветра, влияющих на степень промерзания почвы и обмораживание побе-



гов, расположенных выше уровня снега. По данным уральских ученых, П.А. Моисеева и др. (2004), формирование поколений сибирской ели определяется температурой и количеством осадков (как в холодные, так и теплые периоды года), которые влияют на количество жизнеспособных семян и уровень смертности на различных стадиях развития. Так, количество проростков в конкретном местообитании в тот или иной год определяется количеством попавших на почву жизнеспособных семян, которое в свою очередь зависит от благоприятности условий (в предшествующие несколько лет) для закладки цветочных почек и вызревания семян.



Согласно Моисееву и другим исследователям, количество молодого подростка первых лет жизни определяется не только общим количеством проростков, но и погодными условиями в предшествующий период роста. Поднявшийся подрост страдает от резких изменений погоды в бесснежное время. Поэтому смертность в этой возрастной группе возрастает при наступлении неблагоприятных условий в последующие годы. Уровень смертности среди старших поколений ниже, так как деревья находятся на пике своего

развития. Но с увеличением возраста они теряют устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и поэтому во время последующих длительных холодных периодов (не менее 20–30 лет) постепенно исключаются из состава древостоя. Сопоставление учеными изменений климата и количества деревьев в поколениях сибирской ели на Южном Урале в последние 200 лет показало, что формирование этих поколений связано с периодами улучшения термических условий теплого периода года в течение 5–7 лет до и после появления деревьев и холодного периода в год их появления, а также с периодами увеличения мощности снежного покрова на конец апреля на 27–32 год роста. Наиболее многочисленные поколения ели появились в

районе исследования в 1900–1904, 1911–1918, 1923–1932, 1944–1952, 1958–1966, 1975–1995-х гг., – пишет Моисеев.

Известный американский эколог Роберт Риклефс проанализировал изменчивость ширины годичных колец остистой сосны, растущей в относительно сухом месте на скалистом гребне и в роще, богатой влагой (рис. 44). Он пришел к выводу, что межгодовая изменчивость ширины колец связана, главным образом, с уровнем влажности в ее местообитании в жарком месяце (июне), когда дождей бывает мало. Осенние температуры и влажность в зимние месяцы также влияют на рост в течение последующего сезона. В результате рост растений в сильной мере зависит от смены климатических условий.

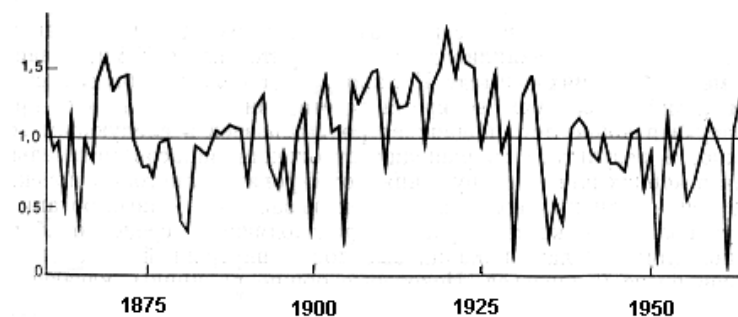


Рис. 44. Межгодовые флуктуации ширины годичных колец остистой сосны (на вертикальной оси – условная ширина кольца, средняя ширина равна 1; по: Р. Риклефс, 1979)

Граница распространения лесов в средних широтах Северного полушария проходит по линии, соответствующей годовой сумме температур воздуха за все дни, когда она превышала 10°C, равной 600–700°C. В горных районах лес поднимается до высот с гораздо более низкими температурами воздуха. Сумма температур воздуха за все дни периода вегетации, когда она превышала 10°C, составляет здесь всего 200–300°C. Как установили Ф. Ф. Давитая и Ю.С. Мельник (1962), важную роль в распространении леса играет не только температура воздуха, но и условия радиационного нагрева



растений: и в горах, и на равнине, независимо от широты места, граница леса соответствует одной и той же сумме температур на поверхности растительного покрова. Границы лесов, особенно в горах, тесно связаны с климатом. Их положение меняется с изменением климата.

Потепление или похолодание на $0.5\text{--}0.6^\circ\text{C}$ вызывает повышение или понижение линии лесов примерно на 100 м. Горные растения адаптируются к новым условиям, распространяясь вверх по склонам, так как на привычной для них высоте они все чаще гибнут. К примеру, в Южной Калифорнии потепление и засухи погубили тысячи деревьев и растений. За последние тридцать лет растения переместились примерно на 65 метров вверх по склонам гор.

В случае повышения температуры на 4°C на всей территории России начнется процесс отступления лесов с юга к верхним широтам, и будет он более масштабным, чем продвижение лесной границы на север – считают российские специалисты. Естественное обезлесение охватит почти всю среднюю полосу Европейской России и Западной Сибири. Если же повышение температуры составит не более 2°C , то «зеленая миграция» затронет лишь юг Западной Сибири, а общая площадь лесного покрова увеличится за счет распространения в современную тундровую зону. Границы растительных зон не меняются мгновенно и несколько «запаздывают» в своем движении по сравнению с климатическими трендами. Для обновления видового состава растительного покрова нужно время, исчисляемое десятками, а иногда и сотнями лет. Ученые Института физики атмосферы РАН осуществили детальное исследование изменений растительного покрова России при повышении температуры на 1°C , которое ожидается в ближайшие десятилетия. Масштабного исчезновения русских лесов к этому времени не прогнозируется, но жертвы все же будут, полагают ученые. В Волжско-Вятском междуречье и верхнем течении реки Оби вымрут лишь небольшие площади сосняков. На 70% площадей сосняков и на половине территории ельников начнутся процессы сукцессии (трансформации растительных сообществ).

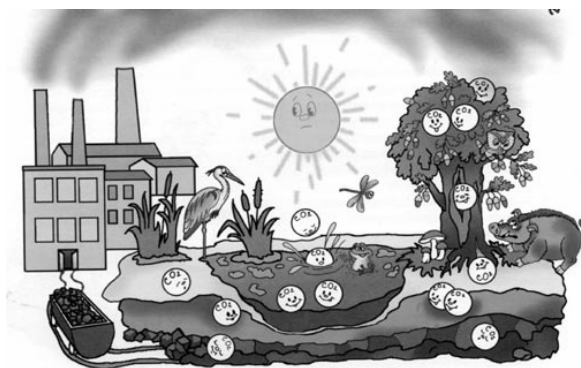
Менее чувствительны к потеплению смешанные леса и дубравы – там сукцессии затронут только 1/5 территории. Самыми устойчивыми будут лиственные леса Восточной Сибири (менее 5% сукцессий). Эти результаты вполне сопоставимы с прогнозом МГЭИК (Международной группой экспертов по изменению климата), предсказывающим исчезновение к 2100 году 30% сосновых и еловых лесов планеты.

Исследования, проведенные в зоне Полярного Урала учеными Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН, выявили уже весьма заметные изменения в пространственном распределении растительных сообществ. За 90 лет (1910–2000 гг.) доля тундры в этом регионе уменьшилась с 76% до 59%. В то же время увеличилась зона сомкнутых лесов (тех, что в народе называют дремучими) с 1% до 10%. Увеличилось и редколесье – с 11% до 18%, а лиственный лес поднялся в горы на 60 метров, заняв отметку 320 м (вместо бывших 260 м.). Причины таких изменений растительного покрова на Полярном Урале, считают ученые, связаны с локальным потеплением, которое имеет свою амплитуду, несколько превышающую «кривую» глобального потепления.

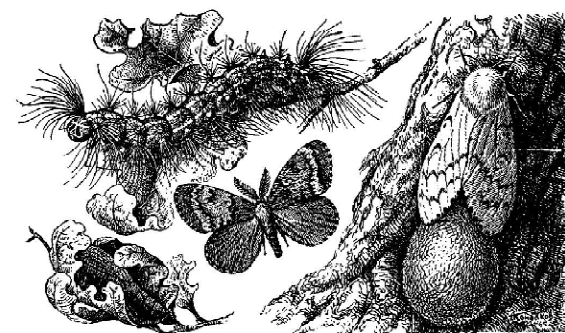
Повышение концентрации CO_2 в атмосфере может оказывать и прямое воздействие на растения, увеличивая их продуктивность – считает ряд ученых. В обзоре А.Б. Робинсона с коллегами (1998) под названием «Влияние на окружающую среду роста содержания диоксида углерода в атмосфере» CO_2 рассматривается как хорошее «удобрение». Авторы приводят данные об ускорении роста растений при повышенном содержании углекислого газа в атмосфере. К воздействию возрастающего количества углекислого газа в атмосфере авторы относят и увеличение массы лесов США (на 30% с 1950 г.). Указывается, что наибольший стимулирующий эффект рост CO_2 производит на растения, произрастающие в более засушливых условиях. Авторы обзора полагают, что интенсивный рост растительных сообществ неизбежно приведет к увеличению суммарной массы животных и окажет положительное воздействие на биоразнообразие в целом. Действительно, повышение концентрации углекислого газа может интенсифицировать фотосинтез и, следовательно, способствовать росту многих видов растений, включая такие важные для чело-

века сельскохозяйственные культуры как рис, пшеница, картофель, бобовые. Однако, следует учитывать, что этот эффект модулируется длиной дня и температурой среды. К примеру, один из видов овсяницы показывает способность к более быстрому росту популяций, что благоприятствует продвижению этого вида к северу, только при одновременном увеличении концентрации CO_2 и температуры воздуха. В ряде экспериментов в теплицах и в поле были показаны аналогичные результаты и на других видах растений – щавеле, перловнике, чернике, обыкновенном вереске. Повышение CO_2 в атмосфере также может увеличить активность фотосинтеза у мхов и лишайников.

Таким образом изменение климата оказывает сильное влияние не только на сроки и продолжительность вегетации у растений, но и на их продуктивность, распространение и многие другие аспекты жизни.



(Рисунок В.А. Бударинной, учителя биологии школы-интерната для детей-сирот, г. Шахты)



Как отразилось изменение климата на жизни насекомых

Сезонный ритм развития у насекомых имеет наследственную основу, характерную для вида и популяции, но одновременно находится и под контролем внешних факторов среды. К основным внешним факторам, влияющим на время начала развития насекомых, относят длину светового дня (фотопериод) и температуру воздуха. Эти факторы воспринимаются рецепторами насекомых как сигнальная информация о состоянии окружающей среды, которая позволяет синхронизировать их развитие с периодическими изменениями погоды.

Влияние температуры на сроки развития насекомых

Наблюдения за появлением насекомых весной, в первую очередь бабочек, охватывают, как правило, менее длительные периоды, чем у растений, хотя иногда публикуются данные за 100 лет и более. По данным Д. Роя и Т. Спаркса (2000) в Великобритании в последние десятилетия XX в. у 26 из 35 видов бабочек отмечено более раннее (на 2.8–3.2 дня за десятилетие) появление первых особей (рис. 45). Английские исследователи проанализировали связь сроков появления 35 видов бабочек с погодными условиями на Британских островах и обнаружили, что почти у всех изученных видов имеет место высокая отрицательная корреляция с температурами воздуха, преимущественно весенними (рис. 46).

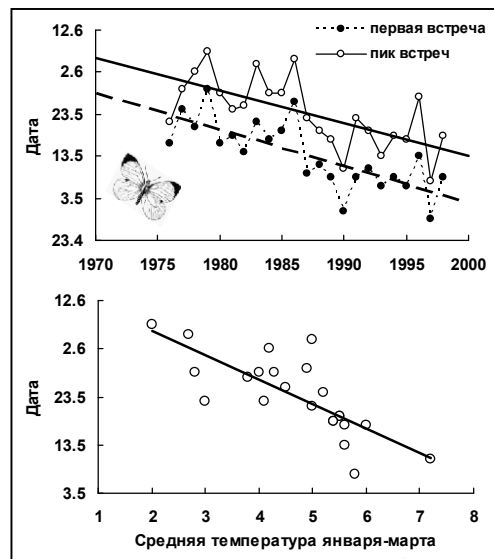


Рис. 45. Многолетние изменения сроков появления бабочек в Англии (no: D. Roy, T. Sparks, 2000)

Рис. 46. Связь сроков появления бабочек с температурой воздуха в Англии

Повышение температуры на 3.5°C приводит к более раннему появлению бабочек в среднем на 9 дней. Высокая температура способствует не только более раннему развитию бабочек, но и увеличивает продуктивность яиц. Так, английский исследователь Е. Поллард (1977) обнаружил, что численность некоторых видов бабочек возрастает в годы с теплым и сухим летом.

У видов, гусеницы которых специализируются на питании определенными видами растений, сроки появления насекомых могут быть тесно связаны со сроками цветения растений. Так, в Англии сроки появления бабочек были достаточно сильно синхронизированы с цветением растений, которыми питаются гусеницы этого вида. В целом, сроки появления гусениц и цветения растений сдвинулись на 2–3 недели. Сходная синхронность была показана А. Бусе и Дж. Гудом (1996) на зимней пяденице, специализирующейся на дубе.

Экспериментальное исследование английских ученых показало, что при повышении температуры воздуха на 3°C выше нормы появление гусениц зимней пяденицы происходит на семь дней раньше, чем обычно. Однако нередко такой синхронности в ответ на изменение температуры окружающей среды у насекомых и растений не обнаруживается. Так, английские исследователи во главе с А. Фиттером (1995) выявили, что при повышении температуры воздуха цветение чеснока лекарственного стало более ранним, а вот появление одного из специализирующихся на нем видов совок не изменилось. Подобная фенологическая асинхронность была выявлена исследователями и у некоторых других видов. По мнению некоторых ученых это может приводить к катастрофическому снижению численности популяций у этих видов насекомых и даже их вымиранию.

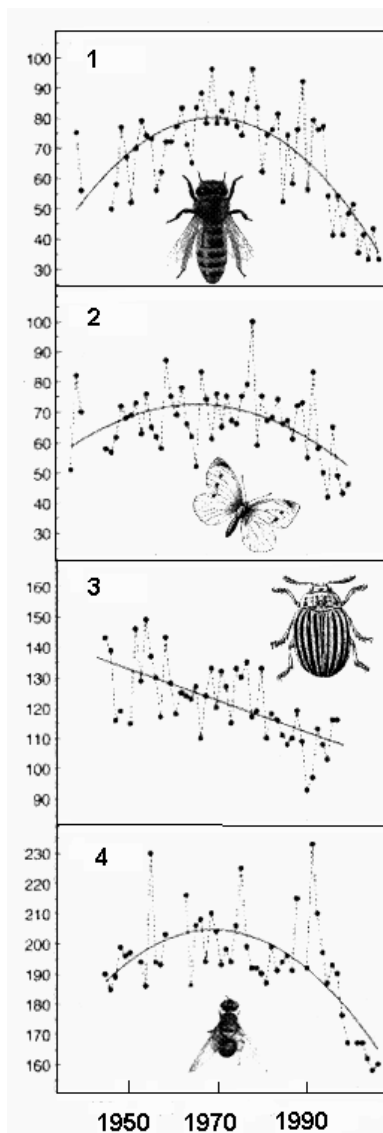
Появление первых особей картофельной тли в Англии строго связано с зимними температурами января-февраля – чем выше температура в эти месяцы, тем раньше появляется тля (рис. 47).



Рис. 47. Связь численности картофельной тли (2) с зимней температурой (1) в Англии (no: T. Sparks, I. Woivod, 1999)

При увеличении температуры на 1°C сроки появления первых особей у этого вида тли сдвигаются на 16 дней. При этом почти в три раза возрастает их численность. Массовое появление первых бабочек лишайниц негативно связано с температурой мая-июня. При повышении температуры на 1°C среднее время появления этих насекомых сдвигается на 8 дней.

В Испании ученые выявили более раннее появления первых особей в последние десятилетия у 17 видов насекомых (рис. 48).



У таких видов как медоносная пчела, бабочка репница, колорадский жук и оливковая мушка начиная с середины 1970-х гг. прослеживается явная тенденция к более раннему появлению первых особей. Однако у трех видов из перечисленных выше раннее появление первых особей наблюдалось еще в 50–60-х гг. прошлого века (рис. 48). Начало лета этих видов в Испании было значимо связано с максимальной суточной температурой в два предыдущих месяца: чем выше была температура воздуха в этот период, тем раньше появлялись первые особи у указанных выше видов (рис. 49).

В центральной Калифорнии М. Фористером и А. Шапиро у большинства из 23 исследованных видов бабочек отмечено более раннее появление первых особей за 30-летний период, в среднем – на 24 дня. В 85% случаев это было связано с изменением климата: в годы с теплой и сухой зимой бабочки появлялись заметно раньше, чем в холодные годы.

Рис. 48. Сроки появления первых особей у медоносной пчелы (1), репницы (2), колорадского жука (3) и оливковой мушки (4) в Испании в период с 1943 по 2004 гг. (цифры на вертикальной оси – число дней от 1 января; по: O. Gordo, J.J. Sanz, 2005)

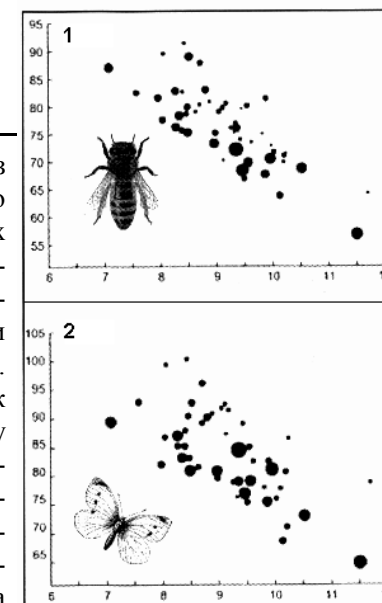
Рис. 49. Связь сроков появления медоносных пчел (1) и репниц (2) с зимне-весенней температурой воздуха (февраль-апрель) в Испании

Нами был проведен анализ долговременных трендов (с 1970 по 2005 гг.) сроков появления первых особей у индикаторных видов насекомых в нескольких заповедниках, расположенных на территории России – от Карелии до Камчатки. Первые особи у таких бабочек как крапивница и махаон, а также у шмелей стали появляться в два последних десятилетия XX в. значительно раньше в Карелии (заповедник «Кивач»), Архангельской области (Пинежский заповедник), на Камчатке (Кроноцкий заповедник), но не на Южном Урале (рис. 50, 52).

На Южном Урале в отличие от северо-западных регионов России и Камчатки весенние температуры воздуха практически не изменились за последние 30 лет, хотя имелись значительные межгодовые флуктуации. В результате сроки весеннего появления насекомых на Южном Урале заметно не изменились. Появление муравьев, бабочек и шмелей во всех исследованных заповедниках было значимо связано с весенней температурой воздуха: чем выше была температура, тем раньше появлялись эти насекомые (рис. 51).

Анализ сроков появления первых бабочек в Кроноцком заповеднике (Восточная Камчатка) показал, что у крапивницы и махаона наиболее раннее начало лета наблюдалось в 1980-е гг., а наиболее позднее в 1970-е и 1990-е гг. (рис. 52). Сроки появления бабочек на Камчатке значимо связаны с весенней температурой воздуха.

Большинство исследователей, занимающихся фенологическими реакциями у насекомых, приходят к выводу, что существенные



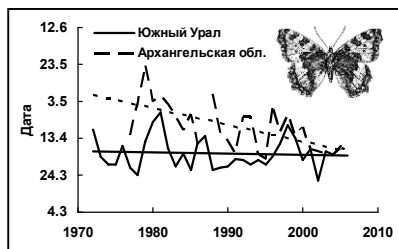


Рис. 50. Сроки появления первых крапивниц на Южном Урале и в Архангельской обл. (по: Н.С. Гордиенко, Л.В. Соколов, 2009; С.Ю. Рыкова, неопубликованные данные)

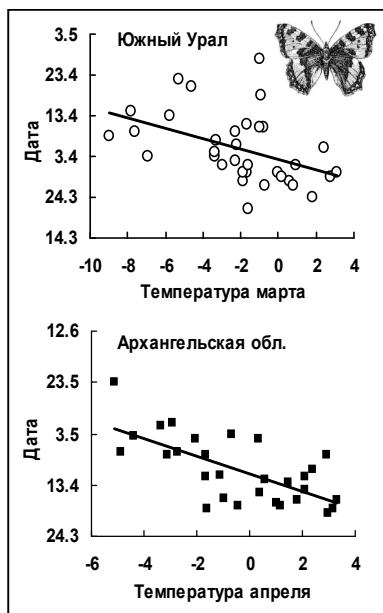


Рис. 51. Связь сроков появления крапивниц с весенней температурой воздуха в Архангельской обл. и на Южном Урале

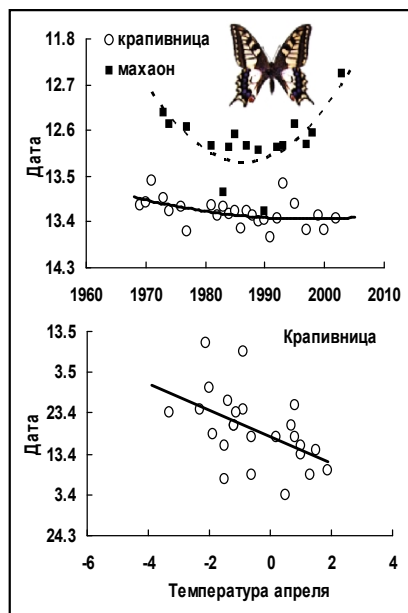


Рис. 52. Сроки появления первых махаонов и крапивниц на Камчатке (Кроноцкий заповедник) и их связь с весенней температурой воздуха

сдвиги в сроках появления многих видов весной в первую очередь связаны с изменением климата, отмечаемым в прошлом и нынешнем столетии в Северном полушарии.

Влияние климата на ареал обитания и численность насекомых

Потепление климата влияет не только на сроки развития насекомых, но и на ареал их обитания. О влиянии теплой погоды на смещение ареалов некоторых видов бабочек к северу в Англии писал еще Е. Форд в 1945 г. Он проанализировал находки бабочек начиная с 1915 г. и обнаружил, что попытки одного из видов – ленточника Камиллы (белого адмирала) – распространиться в северные регионы Британии потерпели неудачу (рис. 53).

Дж. Кайзила в 1962 г. зафиксировал смещение ареала обитания у некоторых видов молей в Финляндии, используя фенологические данные с 1760 г. Он обнаружил быстрое смещение этих видов к югу в период резкого похолодания, когда устанавливалось холодное влажное лето, и последующую экспансию к северу во время значительного потепления, когда наблюдалась теплая погода летом и отсутствовали экстремально холодные зимы.

По данным современных английских исследователей ареал обитания у большинства (63%) из 35 немигрирующих европейских видов бабочек сместился в последние десятилетия XX в. к северу на 35–240 км. И только у 3% видов ареал сместился к югу. Один из видов европейской моли способен расселяться к северу

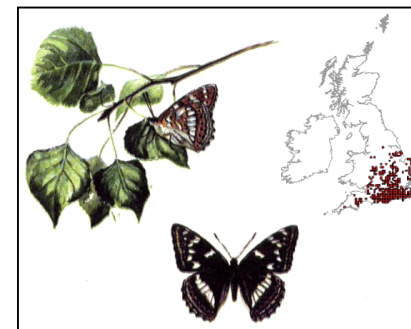


Рис. 53. Распространение ленточника Камиллы в Великобритании

на 165–500 км при увеличении средней температуры воздуха на 1°C. Другой вид, специализирующейся на кукурузе, по прогнозам способен расселяться на 6–20 км в год, в том случае если будет повышаться температура воздуха в пределах 1°C в течение 25 лет. Смещение к северу отмечено в Англии и у многих видов стрекоз. По данным Р. Хиглинга с коллегами в период с 1960 по 1995 гг. у 23 из 24 видов стрекоз обнаружено расселение к северу – в среднем на 88 км.

В Северной Америке один из видов бабочек, который ведет активный образ жизни круглый год за 35 последних лет расширил свой ареал к северу (от Калифорнии до Вашингтона) на 670 км. Только за один наиболее теплый год (1998) продвижение к северу составило 120 км. Один из видов пустынной белянки, который исторически жил в Северной Африке, сейчас появился в Испании, заняв сходную экологическую нишу. Африканская данаида впервые появилась и закрепилась в Испании в 1980 г., сейчас это большая процветающая популяция бабочек.

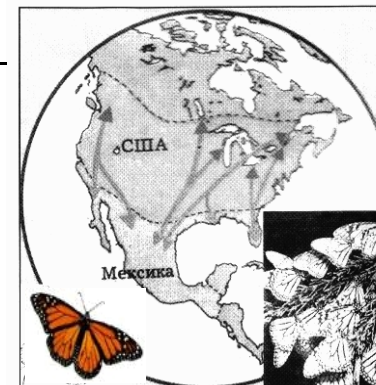
У некоторых видов бабочек, живущих в горах, в связи с потеплением климата изменилась высотная граница их обитания. К примеру, бабочка Эдита широко распространена в горах от Мексики до Канады. По данным К. Пармесан (2006) более 40% популяций этого вида обычно жило на высотах до 2400 м и менее 15% – на больших высотах (около 3500 м). В настоящее время в связи с более ранним таянием снега в горах (в среднем на 7 дней) бабочки стали подниматься выше в горы, на высоту около 105 м. На юге Франции популяции бабочки аполлона также распространяются на большие высоты. Аналогичная картина наблюдается в Испании, где у 16 видов бабочек граница обитания сместились примерно на 212 м вверх за последние 30 лет.

Потепление оказывает влияние и на численность бабочек. Так, в теплое лето 1995 г. заметно увеличилась численность в Англии у голубянок, репницы, брюквенницы, крапивницы, нимфалид и др. Имеются некоторые экспериментальные факты, свидетельствующие о том, что увеличение CO₂ в атмосфере может влиять на физиологию насекомых. По данным английских исследователей, увеличение CO₂ повышает репродуктивность у некоторых видов тлей и, соответственно, увеличивает численность их популяций.

Рис. 54. Дальние перелеты монарха в Америке

На влияние погоды на численность бабочек указывают и американские исследователи. В Америке обитает крупная бабочка – монарх, которая летом живет на севере США и в южной Канаде, а зимует вдоль Калифорнийского побережья и в Мексике (рис. 54).

Зиму бабочки проводят в состоянии полуспячки на стволах деревьев в ограниченном районе. Хорошо известны так называемые «бабочковые» деревья, на которые прилетевшие зимовать монархи усаживаются многими тысячами. Обычно монархи сидят на деревьях неподвижно, только изредка слетая, чтобы попить воды или подкрепиться нектаром. В январе 2002 г. в районе зимовки монархов в Мексике установилась необычайно холодная погода, в результате буквально за два дня погибло огромное количество особей (по оценке специалистов – около 200–300 млн.). Такая колоссальная смертность бабочек на зимовке привела к существенному сокращению численности этого вида на востоке США и в Канаде. При наступлении весны монархи выходят из своего полусонного состояния и, подкормившись на цветах, приступают к спариванию. После этого бабочки начинают мигрировать на север. По дороге оплодотворенные самки откладывают яйца. Вышедшие из них гусеницы растут, окукливаются и, превратившись в бабочек, также улетают дальше на север. За теплое время у бабочек, живущих на севере, может смениться до трех поколений, а у осевших в более южных районах – до шести. Осенью новые поколения монархов начинают миграцию на юг и прилетают, как это ни удивительно, в те же места (часто на те же деревья), на которых зимовали их родители. Монархи, живущие в Южной Америке, также совершают ежегодные весенне-осенние миграции. Только зимовать они летят на север, к экватору, а весной возвращаются на юг. Обитают эти бабочки и в тропическом поясе, но оттуда они никуда не мигрируют и размножаются в одном регионе на протяжении всего года.





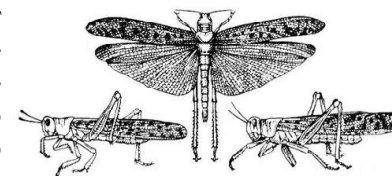
В Африку на юг Сахары летят на зимовку и европейские молодые репейницы, которые там остаются для размножения, а их потомство возвращается обратно на север. Увеличение протяженности Сахары, происходящее в настоящее время, должно негативно сказываться на численности северных

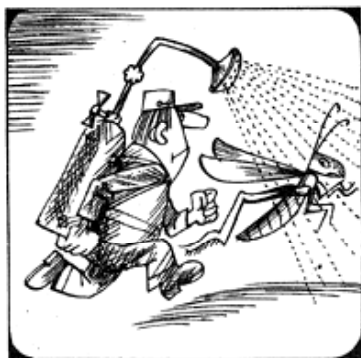
популяций этого вида. Протяженность их перелета может достигать 5000 км – если, например, бабочки летят на зимовку из Англии. Прилетев в Африку осенью, репейницы откладывают яйца. Из яиц выходят гусеницы, которые питаются на чертополохе и других растениях семейства сложноцветных и через некоторое время превращаются в бабочек. Едва появившись на свет, молодые репейницы начинают мигрировать на север. Некоторые из них оседают в Южной Европе и здесь, в свою очередь, откладывают яйца. Другие же летят дальше на север, появляясь в Центральной и Северной Европе в середине мая. Летом у нас появляются новые репейницы: в июне – те, которые появились на свет в Южной Европе и затем продолжили путешествие, начатое их родителями, а в июле – те, которые вывелись из яиц здесь. В конце лета все молодые репейницы отправляются в обратный путь – в Африку, чтобы там отложить яички и умереть. Весной цикл повторяется снова. Часть бабочек остается зимовать на месте рождения в северной Европе, но, как правило, зимовки они не переносят и погибают. Репейницы, которые живут в Северной Америке и Австралии, также совершают осенне-весенние миграции, но пути этих миграций иные. Для изучения миграций у бабочек их маркируют специальными метками (маленькими бумажными этикетками, на которых проставлены индивидуальный номер и страна мечения), размещенными на крыле. Так, например, на Куршской косе А.П. Шаповалом было помечено около 10 000 особей разных видов бабочек, включая репейниц, которые попались в большие ловушки во время миграции.

По данным Е.В. Шутовой и Ф.Н. Шкляревича (1999) известны случаи залетов репейниц на Кольский полуостров. Отдельных

бабочек наблюдали на побережье и островах Баренцева моря. В районе г. Кандалакши и в Кандалакшском заливе с 1978 до 1999 гг. их отмечали в течение 4 летних сезонов: в 1978 (3 встречи), 1995 (1 встреча), 1996 (21 встреча) и 1998 (82 встречи) г.г. Наиболее ранние сроки появления бабочек в Кандалакшском заливе отмечены в 1995 г. – 12 июня и в 1996 г. – 19 июня. Однако большая часть их обычно встречалась с 21 июня по 10 июля, а отдельные особи – до конца июля. В годы массового залета репейниц наблюдали и случаи размножения их здесь. Однако из-за довольно прохладной погоды в августе (среднемесячная температура воздуха 11°C) и ранних заморозков (вплоть до 31 августа) большая доля гусениц не доживает до стадии имаго. Встречена только 1 осенняя бабочка – 1 сентября в Кандалакше.

Изменение климата влияет и на масштабы расселения крылатой формы саранчи. Еще в библейской книге Исход рассказывается о том, как сильный восточный ветер вызвал печально известное нашествие на Египет всепожирающей на своем пути саранчи, стаи которой потом были подхвачены западным ветром и унесены в Красное море. Отдельные стаи этих насекомых могут состоять из более чем сотни миллионов особей и расселяться на 4000–5000 км. После 1910 г. произошло пять нашествий пустынной саранчи, охватившей огромные территории, и пять крупных спадов ее численности. С 1928 по 1941 гг. в Африку южнее Сахары неоднократно вторгались стаи саранчи, которые покрывали площадь в миллион км². Каждая особь ежедневно съедает столько растений, сколько весит сама. Хорошо известно, что перелетная форма саранчи появляется после того, как заканчивается период дождей и начинается засуха. Саранча, которая еще не способна к полету, начинает концентрироваться в местах, где есть растительность. Плотность популяции растет, саранча начинает группироваться, в результате частого касания задними лапками друг с другом включается врожденный механизм, который запускает дальнейший метаморфоз особи – скачущая форма превращается в летающую. Бесчисленные армады саранчи устремляются в





небо и летят в поисках пищи, часто — на огромные расстояния. Северная Америка тоже долгое время страдала от другого вида саранчи — кобылки Скалистых гор. Американскими переселенцами были зафиксированы стаи саранчи, покрывающие территории протяженностью в 3000 км. К счастью, численность ее еще в конце XIX в. резко упала, предположительно из-за распахки переселенцами

почв в районах, где происходило массовое размножение этого вида. Однако в Африке саранча может откладывать яйца на территории площадью в 3 млрд. га, такую колоссальную территорию не распахнешь. Поэтому для истребления саранчи до сих пор применяются пестициды, которые распыляются с самолетов, что вредит растениям и животным, в том числе — человеку. Сейчас некоторые западные биологи работают над так называемым биологическим оружием для вредных насекомых, в частности для саранчи выводится специальный грибок, который ее убивает. Но заразить этим грибком миллионы особей пока нереально.

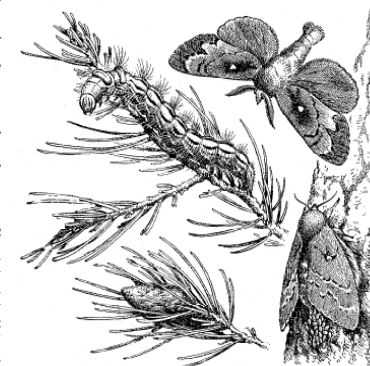
При определенных погодных условиях в огромной массе неожиданно могут появляться и другие виды насекомых. Наиболее известны в этом отношении божьи коровки. Описан случай, когда около 4.5 миллионов одиннадцатиточечных коровок опустились на северное побережье Египта, при этом стотысячные тучи этих жуков кружились в воздухе, выбирая место для посадки. Божьи коровки питаются тлями, и их миграции связаны с тем, что ветер переносит тлей с места на место.



Уже давно исследователи пытались связать вспышки численности насекомых в природе с активностью Солнца. Еще в 1870 году энтомолог Ф. Кеппен выдвинул гипотезу о том, что эпохи размножения саранчи довольно точно совпадают с периода-

ми, следующими после минимума активности солнечных пятен. Эти периоды отличаются необыкновенно высокой температурой. С периодами минимального количества солнечных пятен связан появление саранчи в Англии и А. Свинтон в 1878 г.

Другой ученый Х. Эйджман в 1931 г. на основании исследований вспышек массового размножения соснового шелкопряда за 125 лет установил 12-летние периоды появления этого вредителя. Он связывал их с изменениями климата, зависящими от частоты появления солнечных пятен. В. Цвольфер, обсуждая значение климата в динамике численности насекомых в одной из своих статей в 1930 г., писал: «В нетронутой природе важную роль почти исключительно играет климат. Поскольку климат зависит от космических влияний, то, в конечном счете, они определяют судьбу ге-



нераций». По данным отечественного энтомолога Г.И. Галкина (1975) массовые размножения сибирского шелкопряда в Красноярском крае за 60 лет (1914–1968) повторялись в среднем через 10–11 лет. Он пришел к выводу, что максимальное развитие вспышки приходится на годы нарастания солнечной активности. Когда активность достигает максимума, массовое размножение вредителя уже заканчивается. Характерно, что вспышки вредителя наблюдались практически одновременно во многих удаленных друг от друга районах, — как в таежной тайге, так и в лиственных лесах. По данным того же исследователя, в Красноярском крае другие вредители — непарный шелкопряд, сосновая пяденица, ряд видов пилильщиков и некоторые др. — появляются в больших количествах на 1–3 года раньше сибирского шелкопряда. Это можно рассматривать как хороший индикатор предстоящего массового появления сибирского шелкопряда. Наш отечественный исследователь А.И. Воронцов (1981) проследил за период в 100 лет связь вспышек массовых размножений вредных для деятельности человека насекомых с многолетними колебаниями общей

Сосновый
пилильщик



циркуляции атмосферы и цикличностью солнечной активности. Он обнаружил, что в 20-е гг. XX столетия под влиянием усиления солнечной активности началось постепенное преобразование западной циркуляции атмосферы в восточную, господство которой особенно ярко выразилось в 1929–1939 гг. Одновременно росла частота вспышек ксерофильных (выносливых к засухе) видов насекомых. В 1923–1925 гг. в южных районах наблюдалась сильная вспышка размножения рыжего пилильщика, сосновой пяденицы, дубовой листовертки. В 1929 г. на юге Русской равнины отмечалась волна размножения непарного шелкопряда. Автор указывает в своей статье, что данные о влиянии климата в Европе на состав фауны вредных насекомых, полученные немецкими энтомологами, хорошо согласуются с его фактами и свидетельствуют о том, что частота вспышек и их периодичность за последнее столетие связана с господством отдельных типов атмосферной циркуляции.

Однако, несмотря на подобного рода факты и совпадения, достаточно трудно найти прямую связь между солнечной активностью и массовым размножением насекомых. Ряд специалистов по саранчовым утверждает, что вспышки численности саранчи приурочены к минимуму или максимуму солнечной активности. Если бы это действительно было так, пишет Е.Н. Белецкий в своей статье «Теория и технология многолетнего прогноза» (2006), то тогда не составляло бы особого труда прогнозировать начало очередных популяционных циклов саранчовых. На самом же деле массовые размножения не только саранчовых, но и других вредных насекомых совершаются, как правило, через разные промежутки времени. Причем вспышки их численности возникали как в эпохи минимумов, так и максимумов в разные периоды изменения солнечной активности – как при подъеме, так и спаде активности. Так, за 1824-летний период (с 125 по 1948 гг.) в Европе и Азии, согласно летописям и другим документам, зарегистрировано 266 случаев массовых размно-

жений саранчовых: в эпоху максимума солнечной активности – 22 (8.3%), минимума – 24 (9%), на нисходящих периодах – 94 (35.3%), на восходящих – 126 (47.4%). Автор полагает, что необходим иной интегральный критерий, который находится во взаимодействии с погодно-климатическими и трофическими факторами. Таким критерием в настоящее время некоторые ученые считают резкие изменения солнечной активности, которые оказывают влияние на биосферу, биогеоценозы и популяции. Автором впервые были использованы годы резких изменений солнечной активности – так называемые годы «солнечных реперов» – для анализа массовых размножений вредных насекомых. Было обнаружено, что большинство массовых скачков размножения начиналось точно в годы солнечных реперов (90–95% случаев) или через один год после репера (5–10%).

Однако многие исследователи считают, что солнечная актив-

Дубовая листовертка



ность, как и климат в целом, не может определять природную цикличность в динамике численности насекомых и других животных. Предполагается, что колебания численности в большей степени зависят от эндогенных (внутренних) причин, связанных с врожденными механизмами регуляции численности, в частности, через плотность. То есть, предполагается, что в случае избытка пищи животные, успешно размножаясь, увеличивают свою численность до максимума, после чего перенаселенность приводит к снижению продуктивности популяции и повышенной смертности особей, и численность возвращается к исходному уровню. Таким образом происходит саморегуляция численности популяции. Однако не следует забывать, что высокий уровень запасов пищи, оптимальный для популяции, может существовать только в те периоды времени, когда климат благоприятствует этому. Но такие периоды стабильности обычно непродолжительны (в масштабах существования популяции), поскольку климат на планете постоянно меняется и продолжает меняться на наших глазах. А это значит, что запасы пищи для животных тоже все время меняются под воздействием климата.

Следовательно, выживаемость животных, успешность их размножения, а, соответственно, и их численность должны в сильной степени зависеть от климата.

Энтомологические прогнозы на будущее



Многие специалисты предсказывают, что мир насекомых в ближайшее будущее ожидают настоящие демографические потрясения. В исследовании, которое было озвучено на слушаниях Национальной академии наук США в 2002 г., говорится, что температурные изменения, произошедшие на планете в период между 1950 и 2000 гг., затронули 38 разновидностей насекомых. Благодаря этому уже сегодня северные области Земли ощуща-

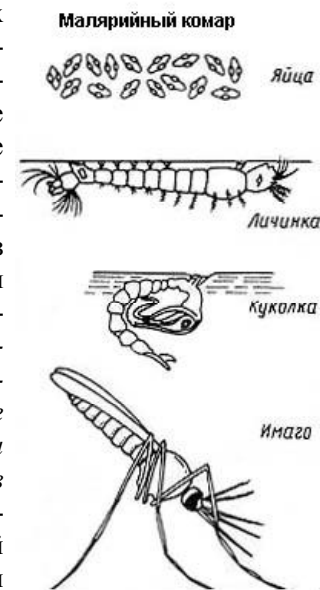
ют на себе популяционный бум таких видов насекомых, которые ранее там не встречались.

Глобальное потепление может привести к серьезной угрозе со стороны целого ряда насекомых. Например, прогнозируется массовое нашествие мелких муравьев. К таким выводам пришли ученые из Оклахомского университета и тропического исследовательского института в Панаме на основе проведенной ими работы. Специалисты изучили 665 колоний муравьев в различных климатических условиях – от тропических лесов до тундры, полагая, что температурные условия среды обитания влияют на размер тела муравьев. Руководитель проекта Майкл Каспари (2005) считает, что глобальное изменение климата повлечет за собой уменьшение размера тела муравьев как минимум на треть. Как объясняет ученый, высокие температуры оказывают двойственный эффект. Когда пища имеется в изобилии, размеры тела, как правило, увеличиваются, но одновременно ускоряется обмен веществ, в результате чего питательные вещества быстрее выводятся из организма. Насекомые мелких размеров размножаются

гораздо активнее и производят больше потомства. Ученым впервые удалось продемонстрировать, что размер организма изменяется под влиянием двух условий – температуры и продуктивности. Таким образом, чем более теплым будет становиться климат на планете, тем меньше будет оставаться крупных муравьев. Следующее свое исследование Каспари намерен посвятить изучению зависимости размера других животных от климатических условий обитания. По данным Джеффри Дукеса и Гарольда Муни из Стенфордского университета (США) расселившиеся к северу аргентинские муравьи при повышении температуры оказываются более конкурентоспособными, нежели местные муравьи в Калифорнии, численность которых падает. Так может произойти вытеснение местных видов более приспособленными и агрессивными инвазивными видами-пришельцами.

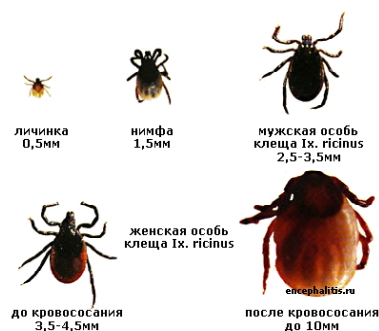
Согласно прогнозам некоторых ученых, в результате глобального потепления ареалы насекомых, которые переносят опасные заболевания, охватят и те регионы, в которых климат сейчас более прохладный. Есть определенные основания полагать, что этот процесс уже начался. Пол Эпстайн (2003), специалист из Центра здоровья и окружающей среды при медицинском факультете Гарвардского университета, пишет: «Согласно сообщениям, сегодня в Африке, Азии и Латинской Америке насекомые и передаваемые ими заболевания (в том числе малярия и лихорадка денге) стали появляться в более возвышенных местностях». В Коста-Рике горы перестали быть преградой для распространения лихорадки денге, и теперь это заболевание встречается уже не только на тихоокеанском побережье, но и по всей стране.

Потепление климата имеет и много других последствий для насекомых. В частности, оно приводит к тому, что в одних регионах реки пересыхают, превращаясь в лужи, а в других из-за дождей они



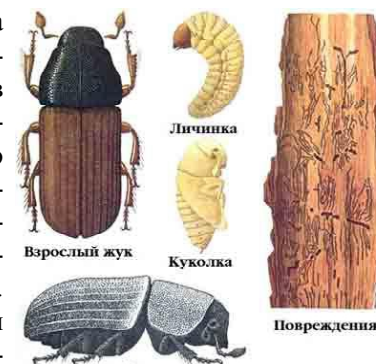
разливаются, оставляя стоячие водоемы. И в том, и в другом случае стоячая вода становится идеальной средой для размножения комаров. Вследствие потепления также ускоряется цикл их размножения и продлевается период, в течение которого их численность особенно велика. К тому же, в теплом климате комары более активны. Потепление приводит и к повышению температуры в пищеварительном тракте комаров, ускоряя размножение болезнетворных микроорганизмов и, таким образом, повышая вероятность того, что заражение произойдет после первого же укуса.

По мнению специалистов из южноуральского Роспотребнадзора из-за глобального потепления климата в Челябинской области могут появиться нетипичные для региона болезни. Изменение климатических условий из-за повышения среднегодовых температур воздуха неизбежно скажется на ареале обитания животных, прежде всего, насекомых, птиц и грызунов. А это, в свою очередь, приведет к распространению заболеваний на территориях, прежде для них нехарактерных. Так, из-за потепления климата на Южном Урале сложились благоприятные условия для появления такого нетипичного для региона заболевания, как малярия. Установившийся более мягкий температурный режим позволяет разносчикам этой болезни – малярийным комарам – жить на территории области. Отметим, что традиционным местом обитания этих комаров являются Африка, Юго-Восточная Азия, а также Северный Кавказ и Закавказье. Кстати, еще одним результатом потепления климата стало смещение срока появления клещей. На фоне повышения температуры эти насекомые стали лучше выживать зимой и раньше просыпаться. Если несколько лет



назад эти паразиты появлялись на Южном Урале в конце апреля, то теперь в начале этого месяца. В Челябинской области существуют природные очаги таких, ставших уже традиционными, инфекционных заболеваний, как клещевой энцефалит, полиомиелит, бешенство, описторхоз и геморрагическая лихорадка, которые переносятся различными насекомыми и животными.

Экологи из министерства природных ресурсов Канады предсказывают демографический взрыв жуков-короедов, которые уничтожают деревья. В результате этого канадская тайга, активно поглощающая сейчас из атмосферы углекислый газ, может вскоре превратиться в крупнейший его источник. Причиной небывалого нашествия жуков, предпочитающих лакомиться древесиной горных сосен, ученые считают все усугубляющееся из-за антропогенных выбросов углекислого газа в атмосферу потепление климата. Теплые климатические условия позволили этому виду насекомых буквально за пару лет освоиться в северных широтах, прежде бывших слишком холодными и непригодными для их жизни. Теперь огромные лесные массивы канадской провинции Британская Колумбия бессильны перед угрозой уничтожения. Ученые полагают, что угрожающе масштабное нашествие «лесной саранчи» способно повлиять на баланс углекислого газа в атмосфере ничуть не меньше, чем лесные пожары. Вспышки популяций короедов – явление достаточно регулярное для канадских и российских лесов. Нынешнее распространение насекомых, по мнению эколога Вернера Курца (2008), на порядок превосходит все предыдущие и грозит самыми серьезными экологическими последствиями. Активность жучков в грядущие несколько лет приведет к сокращению лесных массивов и усиленному выбросу углекислого газа, более чем пятикратно превышающим эффект его поглощения живыми деревьями. Прогнозируется, что в течение нескольких лет ежегодно канадские леса будут выбрасывать в атмосферу около двадцати миллионов тонн углекислоты. Такой прирост углекислого газа вполне способен повлиять на глобальную среднегодовую температуру в сторону ее увеличения и привести к распространению в северных широтах еще большего количества опасных насекомых-вредителей. К ним, в первую очередь, относятся гусеницы целого ряда насекомых, излюбленным кормом которых являются молодые хвойные побеги и почки деревьев.

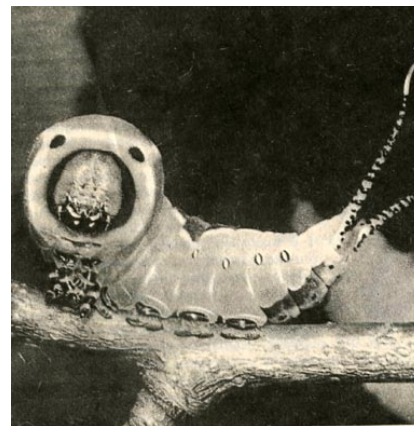




Так, сосновый походный шелкопряд, гусеницы которого двигаются по веткам, стволам сосны и по земле друг за другом огромными колоннами (иногда по 2000 особей) в поисках места, куда они закапываются на зиму для последующего окукливания, наносят большой урон соснам, полностью объедая хвою. Тонкие волоски, которыми покрыты гусеницы, содержат яд. Попадая на кожу, на слизистую глаз и рта, они вызывают у людей сильное воспаление и зуд. Насколько известно ученым, никто из птиц эту ядовитую гусеницу, к сожалению, не ест, кроме разве что кукушек, которых видели собирающих этих гусениц с земли. В горных районах Франции, где этот вид широко распространен, в периоды массового появления гусениц походного шелкопряда (обычно в июле-августе) даже закрывают леса для посещения людьми. Наибольшие пики численности гусениц этого вида наблюдаются при жаркой и сухой погоде. По наблюдениям А. Батисте с коллегами за последние 32 года северная граница обитания этого вида во Франции сместилась на 87 км к северу и поднялась на 110–230 м выше в горах Италии. Исследователи связывают эту экспансию с повышенным выживанием куколок этого вида в почве во время теплых зим, которые наблюдаются в Западной Европе в последние десятилетия все чаще. На Куршской косе Балтийского моря этот вид, по-видимому, впервые появился еще в начале XX в., когда немецкие поселенцы стали завозить саженцы горной сосны из Франции и Германии для закрепления песчаных дюн, сейчас он все шире распространяется в данном регионе.

В Украине, по данным Т. Адаменко (2008), после продолжительной депрессии была зарегистрирована вспышка массового размножения саранчовых, увеличились популяции озимой совки, лугового мотылька и других фитофагов. По данным лаборатории прогнозов Института защиты растений, до 2003 г. численность основных вредителей сельскохозяйственных культур активно увеличивалась. Только экстремально холодная зима 2002–03 гг. частично стабилизировала численность популяций некоторых специализированных вре-

дителей. Однако численность некоторых видов продолжает увеличиваться, несмотря на стабилизацию объемов проводимых мероприятий по защите растений. Анализ многолетней динамики численности проволочников и ложных проволочников свидетельствует, что потепление и существенное снижение объемов защиты растений действуют на насекомых совокупно и увеличивают показатели их численности и заселенность площадей. В лесостепи список вредителей посевов озимых культур пополнился таким видом, как пшеничная муха, численность которой в фазе всходы-кущение ежегодно в 3 раза превышает пороговый уровень. При дальнейшем потеплении существуют угроза снижения экологической стабильности, ухудшение фитосанитарного состояния в связи с изменением зон обитания насекомых, перестройки их видовой структуры, увеличение генераций и численности доминирующих насекомых-вредителей, а также увеличение числа чрезвычайных ситуаций в агросфере, связанных с массовым размножением всеядных вредителей, считает Адаменко. В условиях потепления и выравнивания температурного фона изменяется пространственное распределение и плотность популяций доминирующих вредителей посевов и насаждений культурных растений. Зоны экологического оптимума разных видов распространяются на север, что увеличивает потенциальные потери урожая в России (рис. 55, 56).



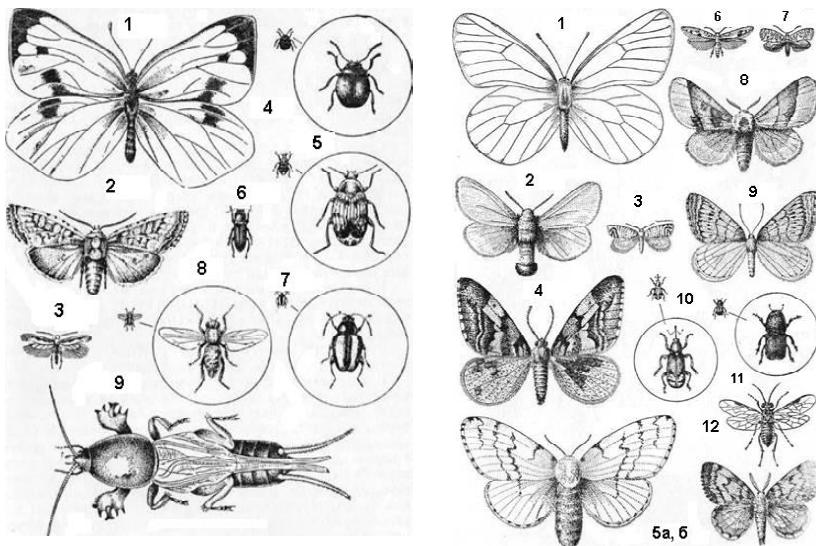


Рис. 55. Насекомые – вредители огорода:

1 – капустница; 2 – капустная совка; 3 – капустная моль; 4 – жук бабануха; 5 – жук гороховая зерновка; 6 – щелкун; 7 – жук земляная блошка; 8 – капустная муха; 9 – медведка (из книги: С. Павлович. Знай и умей. Самодельные коллекции по ботанике и зоологии)

Рис. 56. Насекомые – вредители садов:

1 – боярышница; 2 – златогузка; 3 – яблоневая плодожорка; 4 – обдирало; 5 – непарный шелкопряд (5а – самка, 5б – самец); 6 – плодовая моль; 7 – листовёртка; 8 – кольчатый шелкопряд; 9 – зимняя пяденица; 10 – яблоневый слоник; 11 – сливовый короед; 12 – пилильщик

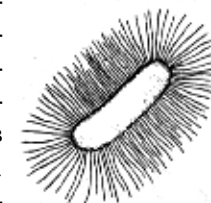


Влияние климата на морские организмы

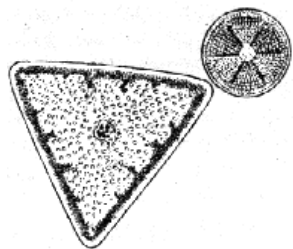
Гидросфера нашей планеты, включающая океаны, моря, озера и реки, занимает подавляющую часть Земли. В ней обитает огромное количество бактерий, растений и животных. Гидробиологами выделяется несколько основных групп обитателей гидросферы: бактериопланктон (бактерии, обитающие в воде), фитопланктон (микроводоросли, населяющие поверхностные и более глубокие воды), зоопланктон (беспозвоночные животные, обитающие в толще воды), растительные и животные организмы, живущие на грунте и в самом грунте морских и континентальных водоемов (бентос).

Планктон занимает важное место в трофической системе водоемов. По данным специалистов на долю бактерий в экосистемах пелагиали (толще воды) в различных морях приходится от 60 до 90% от общего потока энергии в гетеротрофной части планктонного сообщества. Вклад бактерий в продуцирование и переработку органического вещества особенно значим в периоды понижения активности фитопланктона, а также на глубинах, куда не проникает свет и где нет массового развития планктонных микроводорослей.

К сожалению, несмотря на важность планктонных бактерий в функционировании водных систем и трансформации нефтяных углеводородов в море практически нет многолетних мониторинговых исследований, которые позволили бы оценить, как повлияло современ-

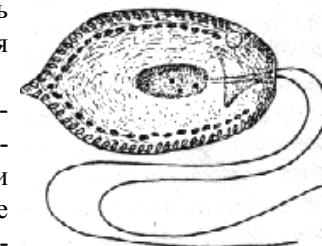


ное изменение климата на распространение и численность планктона в морях и океанах. Правда, совсем недавно в опубликованном «Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» (2008), подготовленном Федеральной службой по Гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), сообщается, что в Чукотском море к 2002 г. плотность бактериопланктона возросла в среднем в 1.5–2 раза по сравнению с уровнем 1993 г.; средняя численность гетеротрофных сапрофитных бактерий стала в 3.7 раза выше, чем в 1993 г. В Беринговом море с 1981 по 1993 гг. численность бактериопланктона увеличилась в среднем в 4.0 раза и в 6.7 раза возросла суточная продукция бактериальной биомассы, что свидетельствует о тенденции его к эвтрофированию (увеличению первичной продукции) под воздействием антропогенных факторов и, возможно, изменения климата.



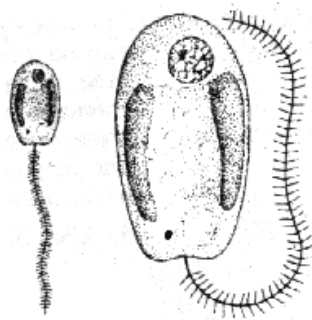
Фитопланктон населяет поверхностные воды при достаточной для фотосинтеза освещенности (в морях преимущественно до глубины 50–100 м). Он обеспечивает переработку в ходе фотосинтеза значительной доли двуокиси углерода в атмосфере. Фитопланктон – основной продуцент органического вещества в водоемах, за счет которого существуют многие водные гетеротрофные животные. Эти микроскопические морские водоросли являются началом пищевой цепочки, в которой задействовано (косвенно или напрямую) гигантское количество живых организмов. Морской фитопланктон состоит в основном из диатомовых и одноклеточных (жгутиковых) водорослей, а пресноводный – из диатомовых водорослей, синезеленых цианобактерий и зеленых микроводорослей. В тропиках состав и количество фитопланктона более или менее постоянны в течение года. В высоких широтах начало вегетации морского фитопланктона приходится на период таяния льда, когда возрастает освещенность и содержание в воде биогенных элементов (фосфатов, соединений азота и др.). По данным Ю.А. Боброва и его коллег (1995) уровень продукции фитопланктона в Белом море изменяется не только в зависимости от сезона, но и от года. Так, уро-

вень продукции, определенный радиоуглеродным методом в наиболее хорошо изученном Кандалакшском заливе в 60-х гг. прошлого столетия в среднем за весь вегетационный период был достаточно высоким. В 1970–1973 гг. его величина понизилась более чем в три раза, а в 1983 г. вновь повысилась в шесть раз по сравнению с 70-ми гг. Анализ результатов долговременных мониторинговых наблюдений Л.Б. Кляшторином, В.Я. Бергером и другими исследователями (1997) показал, что в Белом море температура воды менялась циклически в соответствии с глобальными климатическими изменениями. За период исследования периоды максимума температуры воды в Кандалакшском заливе Белого моря приходились на 1960–1962, 1974 и 1982–1986 гг. С середины 60-х до начала 70-х гг. прошлого столетия в данном районе наблюдались минимальные температуры воды. Таким образом, низкий уровень первичной продукции соответствовал по времени низким температурам воды, а повышенная продуктивность фитопланктона – периодам увеличения температуры.



По оценкам специалистов в заливах Балтийского моря в настоящее время изменились видовой состав и сроки размножения фитопланктона, а также повысилось его биоразнообразие, главным образом, из-за развития зеленых микроводорослей. Так, в Куршском заливе сейчас регистрируются не два, а три пика размножения: весенний, летний и осенний (не отмеченный в 1970-е гг.). Период вегетации планктонных водорослей расширился, весенний и летний максимумы сместились к более ранним датам примерно на три недели.

По данным М. Виндера и Д. Шиндлера в одном из озер на северо-западе США время начала цветения у фитопланктона за 40 лет (1962–2002) сместилось на более ранние даты (на 19 дней), в то время как у одних видов зоопланктона сроки сдвинулись, у других – остались теми же. По мнению ряда ученых, глобальное потепление может привести к резкому сокращению количества фитопланктона. Об этом свидетельствуют данные, полученные американскими исследователями в ходе изучения океанов со спутников, которые

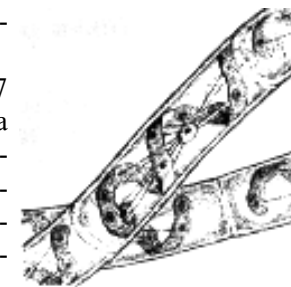


недавно были опубликованы в авторитетном научном журнале «*Nature*». Продолжающееся уже около 10 лет исследование позволяет сделать вывод о том, что по мере повышения температуры верхнего слоя воды в океане масса фитопланктона стремительно сокращается (см. сайт <http://www.rosinvest.com/news/250105/>). Изменения в окраске поверхности океана позволили ученым сопоставить

уровни активности фотосинтеза фитопланктона с изменениями климата на планете. Когда фитопланктон размножается в достаточном количестве, участки океана меняют окраску от голубого к зеленому. Становящийся все более теплым воздух разогревает верхние слои воды в океане, что приводит к тому, что меняется их плотность и они «отделяются» от глубинных – богатых питательными веществами – слоев. Фитопланктон «привязан» к солнечному излучению, а потому должен оставаться в верхних слоях воды, которые уже не могут обеспечить его питательными веществами, необходимыми для роста. Планктон очень быстро реагирует на изменения в окружающей среде. Отмечается глобальное снижение объема поглощаемого планктоном CO_2 в процессе фотосинтеза за последние десятилетия, особенно в высоких широтах. В Северотихоокеанских и Североатлантических бассейнах весной фитопланктон цветет быстро и достигает высоких концентраций, что приводит к менее продолжительному, но более интенсивному развитию его жизненного цикла. В этих областях планктон относительно быстро погибает и погружается в более низкие слои океанских вод, вызывая перемещение углерода из поверхностных вод в глубины океана. В настоящее время в высоких широтах, темпы роста планктона уменьшились на 7% в Североатлантическом бассейне, на 9% в Северотихоокеанском бассейне, и на 10% в Антарктическом бассейне по сравнению с данными 1980-х гг., сообщают ученые. Снижение объема поглощаемого фитопланктоном CO_2 в Мировом океане очевидно является следствием повышения глобальной температуры морей на 0.2°C за последние 20 лет. Более теплая вода образует изменения в океанских слоях, где поверхностные

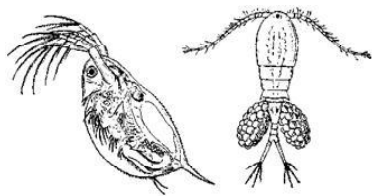
теплые воды расширяют свои границы в глубину. В результате, граница, где происходит перемешивание холодных течений, богатых питательными веществами с более теплой поверхностной водой, смещается в глубины. Недостаток в питательных веществах держит рост фитопланктона под контролем у поверхности, так как фитопланктон, зависимый от солнечного света, не может уйти, подобно рыбам, глубже, вслед за течениями и питательными веществами. Заметное сокращение биомассы фитопланктона в большинстве вод Мирового океана по мнению ведущего эксперта по биологической океанографии Университета штата Орегон Майкла Беренфельда является «скрытым предупреждением» о том, как Мировой океан будет реагировать на глобальное потепление в ближайшее столетие.

Группа американских ученых с 1997 г. ведет наблюдение в Аравийском море за фитопланктоном, количество которого соответствует плотности хлорофилла, фиксируемого приборами со спутника. Карты, переданные со спутников, показали, что в течение одного лета 2004 г. содержание хлорофилла у берегов Йемена, Омана и Сомали увеличилось почти на 350% притом, что в период с 1997 по 2003 гг. рост составил 300%. Океанологи и климатологи совместными усилиями пытаются объяснить причины увеличения количества планктона. Каждый год летом и зимой морские течения и ветры меняют здесь направление с севера на юг, причем летом течения поднимают с глубин более холодную воду. Вода эта богата питательными веществами, благодаря чему и размножается планктон. Начиная с 1997 г., температура на поверхности Аравийского моря в летние месяцы постепенно снижалась, а летние муссоны усиливались. По словам климатологов, уменьшение количества снежного покрова в Евразии из-за глобального потепления оказывает дополнительный эффект в конце весны и начале лета. Солнечная энергия сильнее нагревает землю, так как снег тает быстрее. Разница температур между континентом и океаном становится более значительной, и ветры, дующие с севера на юг, усиливаются. Глубинная холодная вода приносит на поверхность больше питательных веществ и количество планктона растет.



Американские исследователи обнаружили, что фитопланктон, присутствующий во всех водах Мирового океана, играет существенную и ранее неизвестную роль в глобальном потеплении планеты, захватывая и поглощая солнечную радиацию. Исследователи Института Океанографии в Сан-Диего (Калифорния) использовали моделирование и спутниковые данные мониторинга океанов, чтобы показать, что солнечная радиация, которая должна быть отражена назад в космос, поглощается фитопланктоном, способствуя глобальному потеплению. Эти исследователи пришли к мнению, что если бы не было фитопланктона в океане, мы имели бы более прохладный климат на планете. Исследование показало, что радиация, поглощенная фитопланктоном, поднимает глобальные средние температуры на 0.06–0.33°C по сравнению с результатами компьютерного моделирования, когда проводились оценки без учета фитопланктона.

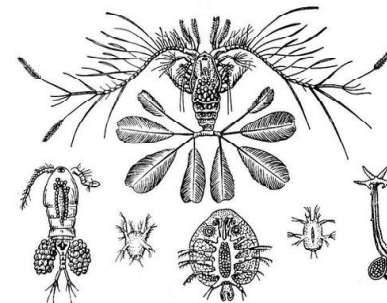
Раньше фитопланктон не считали фактором, влияющим на изменение климата, скорее наоборот. Считалось, что фитопланктон поглощает углекислый газ из атмосферы, и выделяет кислород. Поэтому полагали, что с ростом углекислоты в атмосфере и океане увеличится масса фитопланктона и уменьшится глобальное потепление. Но как оказалось, все плюсы выделения кислорода сводятся на нет эффектом поглощения солнечной радиации, который усиливается. В итоге, единственным фактором, ослабляющим парниковый эффект, остаются растения суши и только на них можно рассчитывать. Кроме того, выяснилось, что некоторые типы разновидностей фитопланктона поглощают больше радиации, чем другие, а есть виды, которые только отражают радиацию Солнца, а не поглощают ее. Поэтому важны также изменения в концентрациях фитопланктона того или иного вида.



Зоопланктон занимает промежуточное положение в пищевой цепи между фитопланктоном, с одной стороны, и рыбами – с другой. Морской зоопланктон представлен в основном различными ракообразными (на 80–95% копепо-

дами), многочисленными простейшими, крылоногими моллюсками, оболочниками, личинками многочисленных беспозвоночных. В пресноводном зоопланктоне доминируют веслоногие и ветвистоусые рачки и коловратки. Динамика развития зоопланктона меняется по годам в зависимости от температуры воды. Обычно изменения обилия планктона носят моноциклический характер, но в наиболее теплые годы наблюдается (к примеру, на Белом море) два пика численности: первый приходится на начало июня, второй – на август. Например, чередование теплых и холодных лет и соответствующих им изменений обилия зоопланктона в Белом море происходит с интервалом в 5–6 лет. По данным 50-летнего мониторинга В.Я. Бергера и его коллег (2004) плотность зоопланктона в летние месяцы в устьевой части губы Чупа была наибольшей в период с середины 70-х по конец 80-х гг. прошлого столетия, а наименьшей – в первой половине 70-х и 90-х гг.

В Северной Атлантике и Северном море с 1930-х гг. исследуется численность некоторых видов зоопланктона, в первую очередь, веслоногих рачков. Эти мелкие рачки преобладают в планктоне северных морей. В их теле содержится до 60% белка и 10–15% жиров. Ими питаются многие виды рыб и усатые киты. Исследования показали, что ежегодная численность этих рачков сильно варьирует. Пики численности связаны в первую очередь с положением Гольфстрима и началом весеннего прогревания поверхности воды. Общая численность положительно связана с положением Гольфстрима в апреле: численность была выше, когда теплое течение смещалось к северу. Интересно, что численность веслоногих рачков заметно повышалась в те годы, когда погодный зимний индекс Северо-Атлантического Колебания (САК) уменьшался и, соответственно, ослабевал западный перенос теплых воздушных масс (рис. 57). Авторы исследования предполагают, что в годы с высоким индексом САК популяции холодолюбивых рачков сокращаются из-за



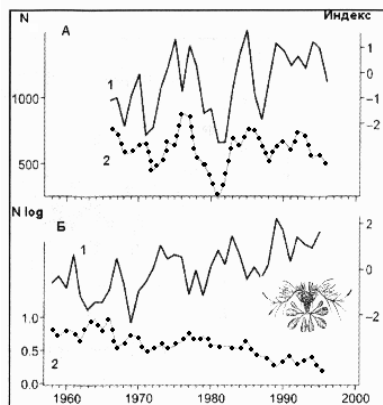
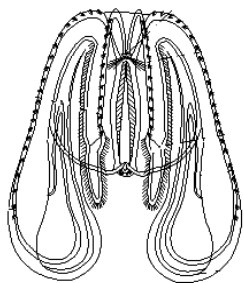


Рис. 57. Долговременный мониторинг за численностью веслоногих рачков (2) и климатическими индексами в Северном море (1) (на вертикальной оси: слева – общее А и среднее Б число особей в пробе, справа – индекс положения Гольфстрима А и индекс Северо-Атлантического Колебания Б; по: T. Sparks, P.C.Reid, 1999)

потепления воды в Северном море и изменения условий их обитания и питания.

В Северном море в районе о. Гельголанд с 1975 г. ведется мониторинг популяции наиболее мелкого гребневика. Этот вид, как и все гребневики, хищник, питающийся преимущественно планктонными рачками. Было обнаружено, что сроки появления молодых гребневиков в большей степени зависят от температуры воды: в холодные годы (1979–1987) они появлялись значительно позже, чем в теплые (1988–1994). Зимняя температура воды, в свою очередь, была достоверно положительно связана с индексом САК. Поскольку исследованный вид гребневика



Гребневик

является ключевым в экосистеме указанного региона, изменения его фенологических показателей могут нести важную информацию о степени влияния климата на морскую экосистему Северного моря.

Дальнейший анализ показал, что у зоопланктона в Северном море в последнее десятилетие прошлого столетия произошел явный сдвиг начала репродуктивной фазы на более ранние календарные даты. В связи с повышением температур по всему миру, холодостойкие виды планктона исчезают, а на их место приходят более теплолюбивые. С 90-х гг. XX в. происходит изменение экосистемы Северного моря на характерную для теплых вод экосистему. Все холодостойкие виды планктона перебираются дальше на север, а на их место приходят субтропические виды. Исчезновение некоторых видов фитопланктона, цве-

тущих ранней весной, вызывает изменения в следующих звеньях пищевых цепей. Многие мелкие животные живут за счет этого весеннего цветения фитопланктона – под него подстроено их время появления на свет. Теперь, когда происходят эти изменения, они вымирают. Страдает зоопланктон, питающийся фитопланктоном, из-за упадка зоопланктона страдают мелкие рыбы, питающиеся им, потом крупные рыбы, питающиеся мелкой, затем морские птицы, которые едят эту рыбу.

В Балтийском море, по оценкам специалистов, уменьшение солености и повышение температуры моря в последнее время привели к снижению доли видов зоопланктона, приспособленных к высокой солености и низкой температуре, и к увеличению доли тепловодных и мелкогазменных форм. С 1970-х гг. наметилась тенденция повышения биомассы зоопланктона: в конце 1990-х – начале 2000-х гг. биомасса зоопланктона была больше, чем в предыдущие годы, – в 1.7 раза зимой и в 11.4 раза летом.

В Антарктиде наблюдается уменьшение количества криля – мелких планктонных морских рачков (длиной от 7 до 96 мм), которые являются основной пищей для целого ряда рыб и морских млекопитающих. В частности, скопления усатых китов в водах Антарктиды приурочены к зонам массового размножения эвфаузиевых рачков. Эти рачки были до настоящего времени настолько многочисленны, что делались попытки использовать их непосредственно для приготовления кормовой муки, жира, витаминов и др. для животных и людей. Расчеты специалистов показали, что численность криля сокращается примерно на 38–75% за десятилетие. В то же время некоторые морские водоросли (растение-подушка и др.), наоборот, сильно увеличивают свою численность в Антарктиде и начи-



нают колонизировать новые районы. Большинство исследователей связывает это с изменением климата, которое приводит к таянию ледников Антарктиды.



Ряд исследователей полагает, что происходящее в настоящее время окисление океанических вод, благодаря увеличению содержания углекислого газа в атмосфере, будет наносить вред целому ряду обитателей океанов тем, что приведет к нарушению формирования ими раковин. Ожидается, что к 2100 г. скорость формирования раковин уменьшится у мидий на 25%, у устриц на 10%. Поскольку раковины двустворчатых моллюсков состоят из карбоната кальция, они, как и раковины других моллюсков, хорошо сохраняются в ископаемом состоянии и служат важным источником сведений о природной обстановке в минувшие геологические эпохи. Например, скопления ископаемых раковин живущего ныне в арктических морях холодноводного моллюска арктической портландии в отложениях Северной Европы указывают на то, что этот регион 8–10 тыс. лет назад был занят холодным, слегка опресненным участком мелководного так называемого Йольдиевого моря. Это море с холодноводной фауной, где доминирующую роль играла

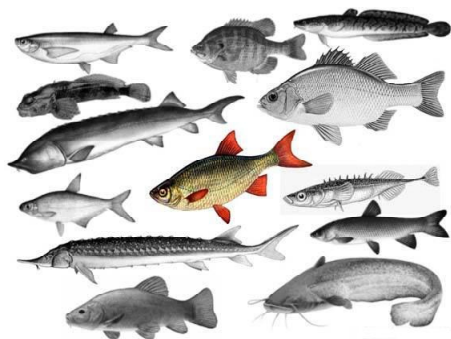


арктическая портландия, образовалось в период похолодания в послеледниковое время. Отложения теплого Литторинового моря, существовавшего позднее (3–5 тыс. лет назад), характеризуются присутствием относительно тепловодных двустворчатых моллюсков, например исландской циприны, съедобной сердцевидки, шероховатой зирфеи. Ныне эти виды живут в Северной Атлантике, в наиболее теплых районах Баренцева и Белого морей, тогда как в эпоху Литторинового моря они продвигались дальше на север.

Изменение климата приводит также к изменению сроков миграции у некоторых видов головоногих моллюсков, например кальмаров. Согласно А. Саутварду с коллегами, проанализировавшим данные за 90 лет, миграции кальмаров в теплые годы проходят на 1–2 месяца раньше, чем в холодные.

Все большее количество ученых приходит к выводу, что современный климат угрожает существованию хорошо известных коралловых рифов. Предполагается, что основными причинами гибели кораллов (коралловых полипов) являются глобальное повышение температуры воды, загрязнение окружающей среды и интенсивное экономическое использование территориальных вод. В настоящее время здоровыми остаются не более трети всех коралловых рифов Земли, хотя еще два года назад этот показатель составлял более 40%. Такие данные содержатся в недавнем докладе (2008), который обнародовали 240 ученых из почти 100 стран мира. Почти пятая часть коралловых рифов Земли, согласно исследованиям, уже исчезла, еще 50% причинен ущерб, однако они еще могут быть спасены. «Рифы нуждаются в нашей помощи», – заявил Клив Уилкинсон, один из ведущих авторов доклада и координатор международной сети наблюдения за коралловыми рифами. Хотя коралловые рифы занимают менее 1% земной поверхности, они имеют неоценимое экологическое значение.





Как повлияло изменение климата на численность и распространение рыб

Еще в 1947 году академик Л.С. Берг во втором издании своей замечательной книги «Климат и жизнь», посвященной памяти великого климатолога и географа А.И. Воейкова, писал, что в 1930-х гг. в Баренцевом море появился ряд теплолюбивых рыб, ранее или совсем не заходивших сюда или заходивших крайне редко. Некоторые из этих рыб были добыты в 1936–1937 гг. у берегов Новой Земли – атлантическая сельдь, обнаруженная под 73° с.ш., пикша, треска, появившаяся в промысловых количествах, сайда и др. В более ранней статье, посвященной климатическим колебаниям и их влиянию на миграции рыб, вышедшей в 1935 г., Берг обращает внимание на то, что начиная приблизительно с 1919 г. в Арктике наблюдалось исключительное потепление, которое позволило судам в течение одного сезона совершать рейсы по Ледовитому океану из Мурманска в Тихий океан и обратно. На потепление вод Баренцева моря впервые обратил внимание в 1921 г. наш замечательный исследователь Н.М. Книпович. В одной из своих публикаций он писал, что «в какие-нибудь полтора десятка лет и даже еще более короткий промежуток времени произошло такое изменение в распределении представителей морской фауны, какое связывается обыкновенно с представлением о долгих геологических промежутках».

Потеплениехватило не только поверхностные, но и более глубокие слои, – пишет в своей книге Берг. С 1921 по 1932 гг. для мая

средняя температура всей массы воды Баренцева моря от поверхности до 200 м глубины вдоль Кольского меридиана была значительно выше, чем в 1901 г. за исключением 1929 г., отличавшегося необычайным по своей интенсивности вторжением холодных арктических воздушных масс в Европу. Потепление распространилось и на глубины свыше 200 м. В полярном бассейне к северу от Шпицбергена в слое между 200 и 400 м были отмечены следующие температуры: 1.7°C (1912 г.), 3.7°C (1922 г.) и 3.2°C (1931 г.). В соответствии с потеплением поверхностных слоев воды, температура воздуха на севере примерно с 1919 г. также заметно повысилась. Так, например, в ноябре 1935 г. температуры воздуха были выше нормы на 6.3°C на о. Медвежий и 10.0°C на Шпицбергене.

В связи с потеплением некоторые промысловые рыбы стали появляться в Гренландии в заметно больших количествах, чем раньше, а другие – более теплолюбивые виды, – были впервые обнаружены в этом регионе. К примеру, атлантическая сельдь, раньше почти неизвестная в Гренландии, была обнаружена в 1930-х гг. в больших количествах во фьордах южной части острова. Появились сайда и пикша – последняя вообще раньше не была известна для Гренландии. Теплолюбивые (бореальные) виды рыб (пикша, сайда, морской окунь и др.) стали часто заходить и в Белое море (рис. 58).

В северной части Тихого океана ареал ряда видов также продвинулся на север. Так, тихоокеанская сардина в промысловых количествах появилась в заливе Петра Великого у Владивостока впервые осенью 1922 г., а в 1929 г. она стала в изобилии ловиться в заливе Декастри (рис. 59). В результате анализа А.С. Соколовским

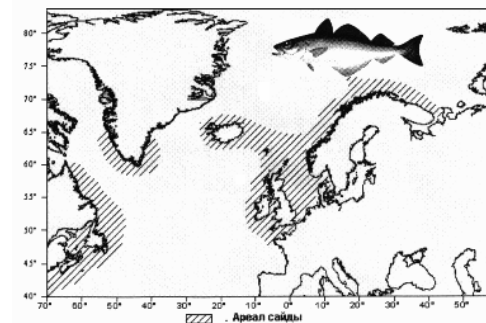


Рис. 58. Ареал обитания сайды (заштрихованная область)

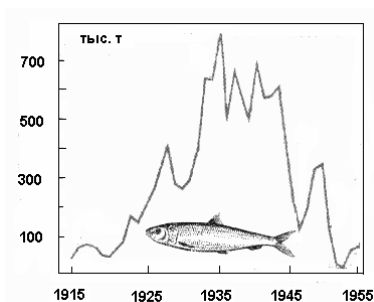


Рис. 59. Колебания улова тихоокеанской сардины американскими судами в первой половине XX в. (по: Report, 1957)

и Т.Г. Соколовской (2004) динамики разнообразия ихтиофауны залива Петра Великого на вековом отрезке было установлено, что максимальное число видов рыб (234–236)

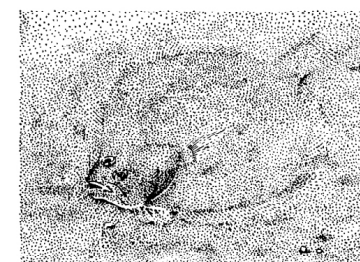
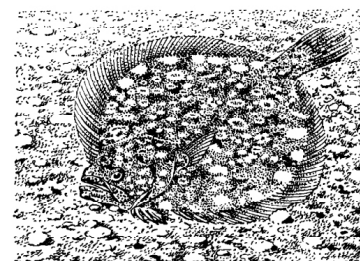
отмечалось в период потепления в 1920–1930-е гг., а снижение видового разнообразия до 194–205 видов – в 1950–1970-е гг., которые характеризовались отрицательными температурными аномалиями.

Эти исследователи предполагают, что в конце XX и начале XXI вв. разнообразие видов рыб в заливе Петра Великого будет максимальным за весь анализируемый отрезок времени, так как именно в эти годы положительные аномалии по своим абсолютным значениям и сроку воздействия будут максимальными. Однако аналогичной периоду 1920–1930 гг. экспансии южных видов к северу в последние десятилетия XX в. не произошло, отмечают исследователи. Кроме климатического фактора, вероятнее всего, все большее влияние на разнообразие видов оказывает антропогенный фактор, с одной стороны, ухудшая среду обитания посредством загрязнения, а с другой – изменяя численность и размерно-возрастную структуру отдельных популяций теплолюбивых видов рыб чрезмерным промысловым изъятием, что ведет к сокращению ареалов этих видов.

Как показали исследования, период современного потепления для сахалино-хоккайдской сельди, равно как и для сельди залива Петра Великого, характеризовался неуклонным сокращением нерестилищ, – особенно в южной части ареала, сужением сроков нереста и, как следствие, резким снижением численности сельди. Очевидно, что процесс потепления последних десятилетий негативно сказался на общей рыбопродуктивности района. Продолжает снижаться численность ряда массовых промысловых холодолюбивых видов рыб, таких как минтай, сельдь, навага, камбала по причине сокращения периодов с оптимальными для нереста температурными условиями, изменениями в планктонном сообществе, снижением эффективности

воспроизводства. Согласно данным А.С. Соколовского и Т.Г. Соколовской современные уловы минтая в водах залива Петра Великого по сравнению с холодными периодами (60–70-е гг. прошлого столетия) сократились в 6.7 раз, наваги – в 3 раза. Несмотря на запрет промысла, не выходит из состояния глубокой депрессии и приморское стадо сельди. Учетные работы свидетельствуют о депрессивном состоянии большинства видов камбал. Все это заставляет в предстоящие годы более внимательно отслеживать климатические флуктуации, влияние которых на состояние запасов большинства промысловых видов залива Петра Великого несомненно.

Что касается разнообразия ихтиофауны, то в условиях потепления оно, несомненно, сохранится в заливе на достаточно высоком уровне за счет миграции сюда в теплый период субтропических видов из южных районов Японского моря, считают исследователи. Достаточно сказать, что только за последние 5 лет прошлого столетия в водах залива Петра Великого отмечены пять новых для вод России видов рыб – южных мигрантов. Это китайская сериола, японская морская барабуля, мохоголовая собачка Сайто, морская собачка Ятабе, морской саргассовый клоун. После длительного перерыва в водах залива снова появился морской петух. В то же время, если темпы увеличения температуры будут нарастать, это может негативно сказаться на адаптации к меняющимся условиям среды редких видов рыб-резидентов с небольшим разнообразием индивиду-



Мохоголовая собачка

умов в популяциях. В этих условиях ежегодный мониторинг ихтиофауны становится одной из первоочередных задач.

По свидетельству М.Л. Альперовича, в начале XX в. в водах Камчатки также был обнаружен целый ряд южных видов: анчоус, японская макрель, тихоокеанский лещ, сайра. Упомянутый автор ссылается на наблюдения японцев, указавших в 1926 г., что за последние годы на о. Хоккайдо во множестве стала ловиться сайра, тогда как прежде рыбаки не знали даже ее названия. В Татарском проливе в 1932 г. были встречены субтропическая акула и рыба-молот.



Анчоус

Процесс потепления в начале XX в. охватил не только Арктику, но и более умеренные широты. По наблюдениям Д.Н. Кайгородова, зимы в Петербурге за период 1894–1920 гг. заметно укоротились. Декабрь 1936 г. в Ленинграде, как и в западной Европе, был исключительно теплым: средняя температура равнялась 0°C вместо нормы – минус 5.5°C. Река Нева в пределах города в среднем стала вскрываться заметно раньше, а замерзать позже. В Финском заливе появились такие южные виды рыб как макрель и скумбрия. В ноябре и декабре 1933 г. в западной части Балтийского моря в сети рыбакам попадалось достаточно много анчоуса – по 10–25 кг на лодку в день. А раньше анчоус был большой редкостью в Балтийском море. Помимо этого, в 1920–30-х гг. в западной части Балтийского моря стали ловиться пикша, сайда, макрель.

По данным известных отечественных исследователей Л.Б. Кляшторина и Н.С. Сидоренко (1996) динамика численности многих видов рыб в Тихоокеанском регионе в XX в. в значительной мере определялась влиянием двух климато-продукционных циклов с максимумами потепления в конце 1930-х и конце 1980-х гг. Последний цикл, считают авторы, еще не завершен, но уже вошел в заключительную фазу, аналогичную фазе 1940–50-х гг., когда наблюдалось временное похолодание. Ее развитие будет иметь существенные последствия не только для океанических, но и для наземных экосистем Тихоокеанского региона. В статье, посвященной долгопериодным климатическим изменениям и флуктуациям численности пелагических рыб Пацифики, указанные авторы (1996) пишут, что вылов морс-

ких рыб в Тихом океане непрерывно возрастал в течение 17 лет с 1973 г. и достиг максимального уровня в 1989 г. – около 55 млн. тонн. Увеличение вылова обеспечивалось, главным образом, за счет 5 основных промысловых видов: дальневосточной сардины (иваси), перуанской сардины, чилийской ставриды, минтая и перуанского анчоуса (рис.60).

С 1990 г. улов главных промысловых видов начал заметно снижаться, к 1992 г. снижение составило около 5.5 млн. т. Центральную роль в этом процессе, по данным авторов, играют сардины и анчоусы. Многолетние колебания их численности происходили одновременно в Северной и Южной Пацифике, а также в Атлантическом океане, что дало основание исследователям предполагать действие каких-то общих причин, вызывающих крупномасштабные изменения рыбопродуктивности. Такой причиной, по мнению многих специалистов, могут являться глобальные климатические изменения. Согласно результатам исследования указанных выше авторов многолетние флуктуации численности ряда основных промысловых рыб значимо коррелируют с такими глобальными климатическими индексами, как форма атмосферной цир-

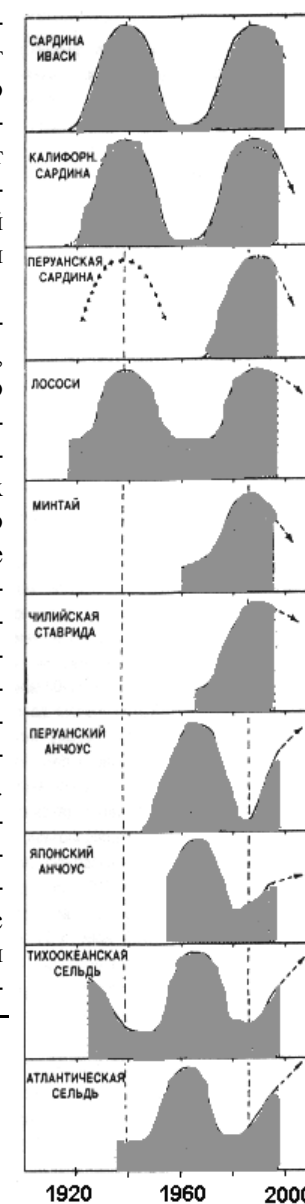


Рис. 60. Флуктуации улова основных промысловых рыб в Тихоокеанском регионе (пунктирная линия – годы пиковых уловов сардины иваси, стрелки – тенденции предполагаемых изменений численности: по: Л.Б. Кляшторин, 1996)

куляции и скорость вращения Земли. Предполагается, что повышение температуры воздуха усиливает атмосферную циркуляцию в масштабе всей планеты. Как следствие, увеличивается подъем биогенных элементов в верхние слои воды, усиливается фотосинтез, возрастает первичная продукция, количество кормового зоопланктона и продуктивность рыб. По-видимому, существует связь всплеск численности разных видов рыб с определенным типом атмосферной циркуляции, полагают авторы. Например, рост численности сардин происходит в периоды усиления «зонального (широтного)» типа атмосферного переноса, а увеличение численности анчоусов и сельдей – в периоды усиления «меридионального» переноса. Возможно, смена одного типа атмосферной циркуляции на другой создает благоприятные условия для всплески численности альтернативного вида, использующего иную экологическую нишу. Сам индекс атмосферной циркуляции хорошо коррелирует с индексом скорости вращения Земли (см. рис. 13).

Причины тесной связи между этими индексами не вполне ясны, отмечают авторы. Согласно одной из гипотез, объясняющей этот феномен, часть воды, испаряющейся над океанами, переносится в полярные области и выпадает в виде снега, накапливаясь на ледниковых щитах Антарктиды и Гренландии. Многолетняя динамика выпадения осадков в сильной степени зависит от преобладания той или иной формы переноса воздушных масс, т.е. форм атмосферной циркуляции. Перераспределение массы осадков, в свою очередь, сопровождается изменением момента инерции и скорости вращения Земли. Независимо от того, насколько реалистичен предполагаемый механизм, тесная связь динамики этих индексов, по мнению Л.Б. Кляшторина и Н.С. Сидоренко, позволяет рассматривать индекс скорости вращения Земли как надежный геофизический показатель, характеризующий крупномасштабные (глобальные) климатические изменения. В отличие от ряда других климатологических показателей, величина этого индекса измеряется инструментально с высокой точностью и данные о его изменениях публикуются без задержки во времени. Согласно данным промысловой статистики, указывают исследователи, периоды между максимумами численности сардины иваси, калифорнийской и перуанской сардин составляют 55–60 лет.

Имеются исторические свидетельства, зафиксированные в письменных документах Японии начиная с 1630 г., о том, в какие именно годы происходили всплески численности сардин. Любопытно, что колебания численности сардины иваси оказывали сильное влияние не только на рыболовство в Японии, но и на все японское общество, пишет Т. Кавасаки (1992). Согласно письменным документам эпохи Токугава (1600–1867 гг.), всплески численности иваси сопровождалась миграцией населения, возникновением и исчезновением (после спада уловов) целых рыбацких деревень. По этим документам за последние 400 лет произошло семь таких всплесков. Период между пиками уловов составляет в среднем около 65 лет (с колебаниями от 45 до 80 лет). По данным японской и отечественной статистики максимум уловов тихоокеанских лососей (в основном кеты) зафиксирован в промежутке от 1880 до 1885 гг., последующий максимум численности приходился на конец 1930-х гг., а современный максимум – на начало 1990-х гг. Период между максимумами составляет около 55 лет. Колебания численности сардин иваси и калифорнийской, а также лососей происходили синхронно с многолетними колебаниями основных климатических индексов (рис. 61).



Согласно данным Л.Б. Кляшторина, максимум уловов этих видов в Северной Пацифике наблюдался в середине 1930-х, спад в 1950–60-е и новый подъем в 1970–80-е гг., затем наметился новый спад численности. В Южной Пацифике численность перуанской сардины возрастала с начала XX в. и достигла максимума в конце 1930-х гг., после чего начался спад ее численности. Новый подъем численности этой рыбы начался в 1970-х гг. (одновременно с сардиной иваси и калифорнийской), уловы быстро росли в 1980-е гг., достигли максимума в 1986–1988 гг., после чего начали снижаться. Наблюдалось хорошее соответствие уловов сардин из Северной и Южной Пацифики и некоторых климатических индексов, в частности, скорости вращения Земли. Высокая корреляция с этим индексом обнаружена и для общих уловов лососей и минтая (рис. 61). Несколько неожиданной оказалась высокая корреляция между индексом вра-

щения Земли и уловами тихоокеанской трески, общий улов которой, в отличие от основных промысловых видов, составляет всего около 400 тыс. тонн, что в 15 раз ниже уловов минтая, отмечают Л.Б. Кляшторин и Н.С. Сидоренко в своей статье.

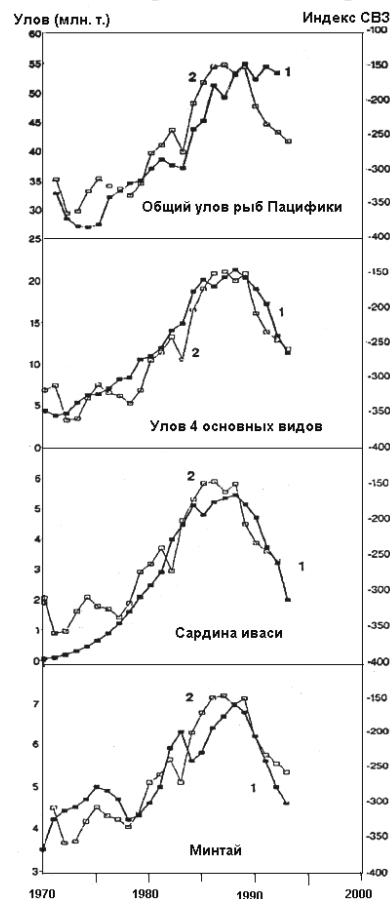


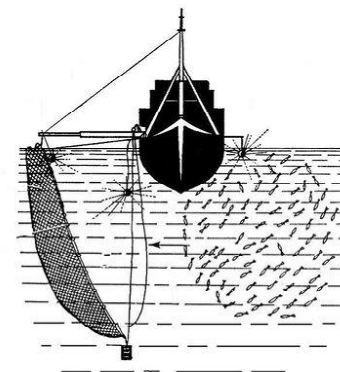
Рис. 61. Тренды уловов массовых пелагических рыб Пацифики (1) в сравнении с трендом индекса скорости вращения Земли (2) (по: Л.Б. Кляшторин, 1996)

Авторы исследования предполагают, что длительным флуктуациям численности подвержены не только виды субтропической зоны, но также рыбы переходной, субарктической и частично арктической зон (минтай, лососи, чилийская ставрида). По-видимому, считают авторы, сходные многолетние колебания испытывают не только пелагические, но и придонные рыбы (например, треска). Одновременно с увеличением численности сардин и ряда других пелагических видов происходят противофазные колебания численности других массовых пелагических рыб в тех же регионах. Хорошо известны такие колебания для сардин и анчоусов в Перуанском апвеллинге (где наблюдается подъем вод из глубины на поверхность), Калифорнийском течении и ряде других регионов. Вероятно, крупномасштабные многолетние процессы замещения одних пелагических видов другими развиваются под влиянием изменений в океанологической обстановке этих районов, которая, в свою очередь, находится под влиянием глобаль-

ных климатических изменений. Противофазные колебания численности сардины и сельдей (анчоусов), считают авторы, не являются следствием конкурентных пищевых отношений, поскольку сардина занимает преимущественно субтропическую, а сельди – субарктическую и частично арктическую зоны. Чередование их численности инициируется, по-видимому, глобальными климатическими изменениями, действующими по-разному в разных зонах.

Анализ многолетних колебаний уловов исландской трески за последние 350 лет, проведенный Дж. Джонсоном, выявил повторяющиеся с периодичностью около 60 лет флуктуации уловов. Их динамика коррелировала с циклическими изменениями ледовой обстановки и динамикой температуры поверхности океана.

Существование тесной связи между трендами уловов промысловых рыб и климатическими индексами дает хорошую возможность прогнозировать будущие изменения численности этих видов на 3, 5 и даже 10 лет. Важны решения, как, например, вопрос о строительстве или размещении в океанах и морях судов рыбодобывающего флота или инвестирование финансовых средств в организации новых предприятий по обработке рыбы и размещении



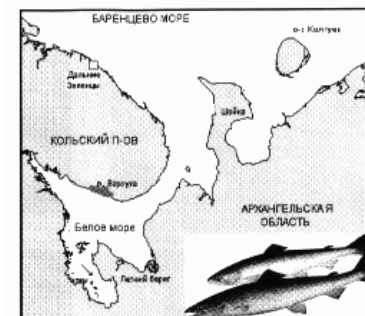
их в правильно выбранных регионах Мирового океана будут значительно лучше обоснованы, если ученые сумеют понять причины многолетних колебаний численности этой важной группы животных. Эффективность таких решений кардинально зависит от того, насколько ясны перспективы дальнейших изменений численности основных промысловых рыб. Для России, рыбная промышленность которой базируется на нескольких многочисленных видах – сельди, минтае, треске – это особенно актуально, считают специалисты. Мировой улов морских (преимущественно океанических) рыб составлял в конце прошлого века, по данным Л.Б. Кляшторина, около 85 млн. т, из них почти две трети приходится на Тихий океан, где Россия получает 75% своего улова. Весь мировой улов обеспечивается примерно

2000 видов. Из них 20 видов (1% от общего числа) дают около половины мирового улова, а 5 видов (сардина иваси, перуанская сардина и анчоус, минтай и чилийская ставрида) – около трети мирового улова.

Профессор С.А. Патин в статье (1997), посвященной морским экосистемам, биоресурсам и глобальному климату в XXI в., дает оценку возможных изменений основных климатических параметров для морских регионов России к 2050 г. Согласно этой оценки, наиболее быстрые и заметные последствия антропогенно-индуцированного глобального потепления будут проявляться в морях арктического сектора России (Баренцево, Белое, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря). Шельфовые акватории субарктического пояса и моря Дальнего Востока будут испытывать несколько более ослабленные климатические воздействия. В наименьшей степени они проявят себя в бассейнах южных морей, что должно быть связано не только с зональным эффектом ослабления глобального потепления в средних широтах, но и с относительной изолированностью Азовского, Черного и Каспийского морей и доминирующим воздействием на их общий режим многих региональных факторов. Ослабление ледового покрова в Арктике и сильный сдвиг границ распространения льдов к северу при одновременном нарастании речного стока (как за счет повышения суммы осадков, так и в результате таяния в зоне вечной мерзлоты) приведут, по мнению автора, к резкой активизации буквально «замороженного» сейчас биопродукционного потенциала всех морей арктического шельфа и к фундаментальной перестройке их экосистем. Параллельно, хотя и с некоторым запозданием, будут происходить соответствующие изменения в ихтиофауне в результате миграционной экспансии холодноводных видов из Баренцева и Берингова морей с последующим расширением ареалов обитания рыб на всю территорию шельфа. Одновременно, по мере усиления речного стока, выноса биогенов и отступления льдов должна возрасти роль приустьевых участков и всей прибрежной зоны шельфа как области нагула проходных (например, атлантического лосося) и полупроходных рыб.

Особенно быстрые и заметные экологические последствия глобального потепления могут проявиться, полагает С.А. Патин,

в бассейне Белого моря из-за его относительной мелководности, мощного речного стока и возможности резкой активизации биопродукционных процессов в случае смягчения суровых климатических условий арктического типа, которые доминируют в настоящее время. Роль Баренцева моря, вероятно всего, будет сводиться в основном к поставке аркто-бореальных видов



и форм атлантической ихтиофауны в прилегающие акватории Белого и Карского морей, а через последнее – для всего арктического шельфа. Берингово море, подобно Баренцеву, если и будет подвержено изменениям структурных параметров экосистемы в результате потепления климата, то не так четко как арктические моря. Скорее всего, считает Патин, это море сыграет важную роль своеобразного «питомника» и источника бореальных видов для их экспансии в Чукотское море и далее на весь арктический шельф. На восточном фланге арктического шельфа в последние десятилетия XX в. отмечены случаи массовой миграции некоторых видов рыб (в основном минтая) через Берингов пролив в Чукотское море. Из-за суровости ледовых условий в этом регионе до 1971 г. никогда не наблюдали появления минтая к северу от пролива. Однако, начиная с 1976 г., когда произошло заметное потепление и смягчение ледового режима на шельфах Берингова и Чукотского морей, минтай начал проникать через пролив, и его регулярно стали обнаруживать в массовом количестве в Чукотском море. Если учесть, что площадь шельфа Чукотского и Восточно-Сибирского морей в 1.5 раза превосходит протяженность Берингова моря, то в случае успешного вселения минтая только на шельфах двух ближайших арктических морей его биомасса может достигнуть здесь величин порядка 15–20 млн. т с допустимым ежегодным выловом до 5 млн. т, полагает Патин.

Что касается южных морей России, то здесь едва ли стоит ожидать каких-то положительных в плане увеличения численности сдвигов в состоянии их экосистем и биоресурсов по мере глобально-



го потепления, отмечает автор. Скорее, наоборот, есть основания прогнозировать, как общее ухудшение экологической ситуации в Азовском, Каспийском и Черном морях, так и продолжение давно начавшегося здесь процесса деградации промысловой ихтиофауны, падения запасов и уловов наиболее ценных видов рыб. Это результат мощного антропогенного пресса на эти моря – огромных сбросов сточных вод, интенсивной промышленной и аграрной деятельности, урбанизации побережий, зарегулирования речного стока и т.п. Можно не сомневаться, пишет автор, что наложение на эту крайне тревожную экологическую ситуацию дополнительного фактора в виде устойчивого повышения температуры (даже в пределах 1–2°C) лишь усугубит эту ситуацию за счет повышения частоты замерных явлений, усиления эвтрофирования (интенсивного развития растений, приводящего к накоплению в водоеме большого количества органики), инвазии посторонних вселенцев и др.

Данные В.Ф. Бугаева (2003) по Камчатке свидетельствуют о том, что в холодные годы (когда средняя температура воздуха в июне–августе в пос. Усть-Камчатск была меньше или равна 10°C) численность половозрелой нерки была выше, чем в теплые – при температуре выше 10°C

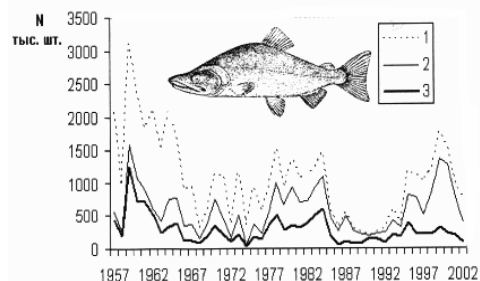


Рис. 62. Динамика численности половозрелой нерки в море до начала дрейфтерного промысла (1), при подходе к устью р. Камчатка (2) и на нерестилищах (3) (по: В.Ф. Бугаев, 2003)

На оз. Дальнем (Камчатка), где исторически нереститься нерка, в течение уже более чем 65 лет проводится комплекс исследовательских работ под руководством Е.Г. Погодаева и Н.М. Вецлера (2002, 2008) по оценке особенности функционирования и изменения экосистемы озера. По данным этих исследователей, потепление климата в районе Северной Пацифики и влияние антропогенных факторов (резкие колебания дрейфтерного и браконьерского промысла) в последнее двадцатилетие XX в. привели к значительным изменениям экосистемы озера и экстремальным ситуациям на различных продуктивных уровнях, не имеющим аналогов в многолетнем ряду наблюдений. Так, в конце 1980-х гг. был зарегистрирован исторический минимум фосфатов, численности популяции нерки (в 1986 г.) и биомассы кормового планктона (1991 г.). С промежутком в два года были отмечены сначала минимум, а затем максимум захода половозрелой нерки на нерест. Многие изменения, произошедшие в экосистеме озера, по мнению указанных выше специалистов, являются необратимыми: популяция нерки, по-видимому, лишилась весенней расы. В последние годы дальнеозерская популяция нерки вообще находится в депрессивном состоянии в первую очередь из-за жесточайшего браконьерского пресса.

Согласно В.А. Стасенкову (1995), увеличение численности наваги в Белом море в 1978–1983 гг. происходило на фоне повышения уровня солнечной активности. Этим подтверждается выявленная ранее связь между температурой воды в весенний период и численностью поколений у этого вида. Время от времени в Белом море обнаруживаются некоторые виды рыб, которые не размножаются в данном водоеме. Среди них есть так называемые южнобореальные виды (китовая акула, угорь, сарган, скумбрия и некоторые др.), которые чаще всего заходят в Белое море в периоды климатического потепления. В то время как сайка (полярная тресочка), наоборот, в последние годы практически перестала ловиться в Белом море. Эта высокоарктическая рыба заходит в это море только в самые холодные годы. Например, холодной зимой 1942–43 гг., по данным Б.М. Тамбовцева

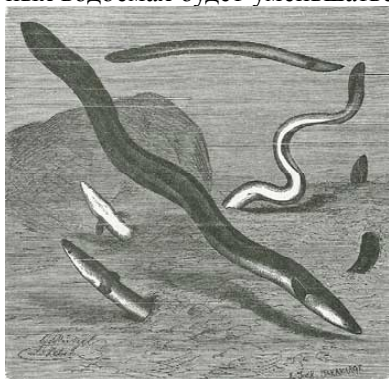


(1952), было поймано свыше 8 тыс. тонн сайки, а сейчас ее практически нет в Белом море. Она держится у кромки льдов в Баренцевом море и в других арктических морях.

По данным французских исследователей, теплолюбивые виды рыб в результате глобального потепления постепенно заселяют все больше водоемов, где ранее преобладали холодолюбивые виды (см. сайт <http://eco.rian.ru/discovery/20081107/154612314.html>). Авторы исследования Мартин Дофресн и Филипп Боэ в течение 20 лет изучали данные о популяциях рыб во французских реках и установили, что численность теплолюбивых видов в реках Франции возросла с 20% до 50% (с 1979 по 2004 гг.). При этом, некоторые виды, обитающие в настоящее время в реках, не были замечены в них 20 лет назад, а сейчас они вытесняют традиционных обитателей этих водоемов. Кроме того, небольшие по размеру виды рыб начинают преобладать над более крупными, так как крупная рыба более восприимчива к повышению температуры и постепенно исчезает из водоемов, где растет температура воды. Ученые также предполагают, что одной из причин миграции традиционных южных видов рыб на север могут быть факторы, не связанные с изменением климата. В частности, они полагают, что рыбы могут покидать традиционные для них места обитания из-за строительства плотин или электростанций. Однако эти причины не являются доминирующими, отмечают ученые, опираясь на собранные ими данные. Специалисты считают, что последствия миграции будут негативными – численность рыб в южных водоемах будет уменьшаться, а программы по восстановлению

популяции некоторых видов вряд ли будут успешными.

Авторы другого исследования попытались спрогнозировать, что ожидает мигрирующие виды рыб в конце XXI в. при дальнейшем потеплении климата в Европе. Исследователей интересовали как морские виды, которые устремляются в реки на период нереста (например, лосось), так и речные, которые



живут в пресной воде, но размножаются в море (угорь, кефаль и др.). Специалист Жеральдин Ласаль составила карту 196 водоемов, в которых в 1900-х гг. водилось до 28 видов рыб. Она изучила данные по этим объектам, когда они еще не были затронуты последствиями парникового эффекта и не стали площадкой для гидравлических установок в 1950-х гг. Ж. Ласаль создала модель эволюции популяций рыб до 2100 г., исходя из гипотезы, что средние температурные показатели увеличатся к 2100 г. на 3.4 градуса. Согласно полученным результатам, ареал обитания двух третей мигрирующих видов, скорее всего, уменьшится. В частности, лосось, черноморская сельдь, арктический голец, сиг, семга, королевская сельдь и речная минога потеряют от 50% до примерно 100% своих нынешних ареалов. Для каспийской форели, морской миноги, адриатического осетра и атлантического лосося потери мест обитания будут меньшими, отмечается в исследовании. При этом, некоторые виды, например, европейский угорь, получают определенную выгоду от потепления.

Недавно ученые выяснили, что улов сардин, основной промысловой рыбы, водящейся в озере Танганьика, сократился с 1970-х гг. на 50%. Озеро Танганьика, второе по величине в мире, ежегодно дает около 200 тыс. тонн рыбы – важного пищевого продукта и источника доходов для многих прибрежных государств. Сокращение рыбной популяции грозит голодом целому ряду африканских стран – Бурунди, Танзании, Замбии и Демократической республике Конго. Кэтрин О’Рейли показала, что причина кроется почти исключительно в глобальном потеплении климата, а не в человеческой деятельности. В последние десятилетия XX в. температура в районе озера Танганьика повысилась на 1.5°C, одновременно снизилась скорость ветров. Температура глубинной воды повышается медленнее и это приводит к снижению смешивания слоев, в результате чего количество планктона сократилось на 20%. А поскольку планктон является основной пищей для многих важных видов рыбы, включая сардин, их численность заметно снизилась. Поскольку температура по прогнозам будет повышаться и дальше, ученые опасаются еще большего сокращения рыбных популяций. Исследовательница предполагает, что в других водоемах Африки также могут происходить подобные изменения.

Потепление климата в XX в. отразилось не только на численности целого ряда рыб, но и на сроках их размножения. Так, в Эстонии по данным ведущего фенолога Рейна Ахаса (1999), начало нереста обыкновенной щуки и леща за 44 года (1952–1996 гг.) сдвинулось на более ранние даты – на 6 и 8 дней, соответственно. В 1950-е, в отличие от 1990-х гг., в Эстонии наблюдались, как правило, холодные весны. Различия в сроках начала нереста у указанных видов в годы с ранней и поздней весной иногда достигали 11 дней. По данным английских исследователей, в частности – Д.Г. Джорджи, атлантический лосось откладывает свой заход в реки Англии и Уэльса, когда наблюдается сухое лето. Только 30–40% особей заходит в реку Кент в июне-июле в годы с сухим летом, тогда как во влажные годы заходит 80–90% особей. Отловы лососей во многих реках Великобритании заметно уменьшились в 1970-е гг. и затем вернулись на прежний уровень в конце 1980-х и начале 1990-х гг., когда изменились условия в Северном море.

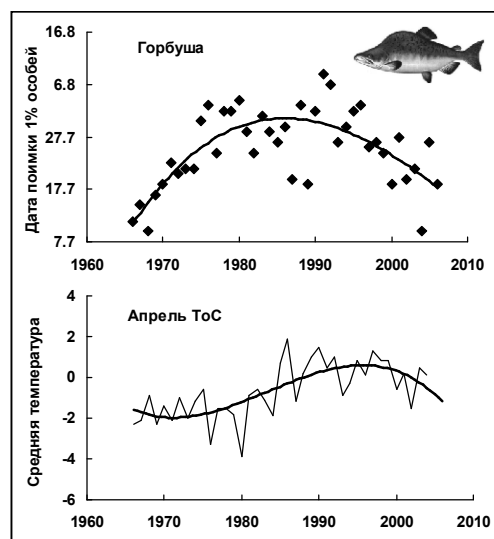


Рис. 63. Долговременные изменения сроков вылова горбуши ставными неводами на о. Итуруп и весенней температуры воздуха в районе исследования

Мы проанализировали данные по срокам захода в реки о. Итуруп (Курильские о-ва) некоторых видов лососевых, которые нам любезно предоставили дальневосточные специалисты. Выяснилось, что в 1960–70-е гг. прошлого века горбуша заходила в реки о. Итурупа в более ранние сроки, нежели в 1980–90-е гг. (рис. 63).

Интересно, что весенняя температура в данном регионе в 1960–70-е гг. была заметно ниже, чем в 1980–90-е гг. Ход горбуши на нерест обычно наблюдается в июне-августе. Температура воды во время нереста колеблется от 4 до 16°C, оптимальная составляет 6–14°C. Подход горбуши к побережью островов, по данным специалистов, зависит в значительной мере от гидрологических условий данного региона в конкретный год.

Многие ученые приходят к выводу, что глобальное изменение климата может оказать сильное влияние на мировое распределение коммерчески важных разновидностей рыбы, в том числе трески, сельди, морского окуня, акул, а также креветки. Рассчитав вероятное воздействие изменения климата на распределение более чем тысячи разновидностей рыб на земном шаре, специалисты прогнозируют, в частности, сокращение популяции атлантической трески в Северном море на 20% и рост количества европейской камбалы на 10%. В США число некоторых популяций трески на восточном побережье может сократиться на 50% к 2050 г., а некоторые промысловые виды, такие как скалистый лангуст в Южном океане, могут исчезнуть вообще. Кроме того, по мнению специалистов, грянет крупномасштабное перераспределение различных видов рыб в сторону северного полюса – в среднем, они будут перемещаться более чем на 40 километров в десятилетие, также увеличится количество более южных видов рыб. Ученые прогнозируют, что развивающиеся страны в тропиках понесут наибольшие коммерческие потери от миграции, тогда как скандинавские страны, такие как Норвегия могут извлечь из этого значительную выгоду.



Влияние климата на жизнь амфибий и рептилий

Лягушки, жабы, тритоны, саламандры

Среди наземных животных колебания климата и погоды оказывают наиболее сильное влияние на амфибий и рептилий, жизнь которых в значительной мере определяется температурой среды обитания. Численность многих видов амфибий может колебаться в десятки раз, в зависимости от температуры и уровня воды в водоемах, где размножается большинство амфибий. Из всех абиотических факторов температура наиболее сильно влияет на рост и развитие земноводных, она регулирует репродуктивный цикл и поведение животных. При сильных засухах пересыхает большинство водоемов, в результате гибнет огромное количество икры и головастиков. Необычно засушливые годы или позднее наступление периода дождей могут значительно снижать численность земноводных даже в дождевых тропических лесах. Одной из возможных причин этого может быть резкое уменьшение количества беспозвоночных, служащих кормом для видов, населяющих подстилку. Так, например, сильнейший ураган в 1989 г. нанес большой урон лесам Пуэрто-Рико, в результате чего резко снизилась численность популяций целого ряда наземных видов лягушек. Сильные холода в малоснежные зимы приводят к вымерзанию большинства взрослых особей. В результате в последующие годы их численность падает. Например, Ю.М. Коротков

выявил гибель 75% особей дальневосточной лягушки Дибовского на зимовках на отдельных речных участках из-за низкого уровня воды и промерзания реки до дна. По данным Н.Н. Колобаева крайне мало-снежная зима 2001–02 г., способствовавшая глубокому промерзанию рек, и последовавшая за ней необычно затяжная и холодная весна привели к снижению численности дальневосточной лягушки и понижению интенсивности ее размножения. Более того, резкие колебания температуры могут модифицировать влияние хищников и паразитов, а также влиять на чувствительность земноводных к болезням.

По данным специалистов, численность многих видов амфибий в различных регионах Земли начала заметно сокращаться, начиная с середины прошлого столетия. В течение последних лет более 500 ученых из 60 стран исследовали состояние популяций у 5743 известных видов земноводных. По их оценкам за последние 25 лет вымерло 122 вида амфибий, а в настоящее время эта же участь грозит каждому третьему виду лягушек, жаб, саламандр и тритонов. Для сравнения: среди птиц исчезающими считаются 12% видов, а среди млекопитающих – 23%.

Ученые затрудняются объяснить точные причины сокращения численности большинства видов амфибий, однако наиболее вероятными считаются загрязнение привычных мест обитания, изменение климата и возрастающая конкуренция с человеком. По словам одного из руководителей исследования Нила Кокса, земноводные начинают ощущать изменения в окружающей среде задолго до того, как на них начинают реагировать другие организмы. Дело в том, что их физиология позволяет земноводным быть наилучшими природными индикаторами экологической опасности. Однако многие виды амфибий исчезают и в таких местах, где воздействие человека на природу минимально. Кокс полагает, что причиной этого является вспышка болезни хитридиомикозис. Она вызывается грибом, который заражает кожу взрослых амфибий и ротовые полости их личинок. Специалист по молекулярной эпидемиоло-



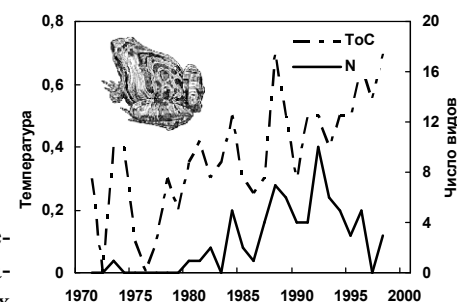
гии доктор Мэтью Фишер отмечает, что пористая кожа земноводных, через которую они потребляют жидкость и дышат, очень чувствительна к внешним воздействиям. По его словам, инфицированные головастики внешне абсолютно здоровы, но как только они превращаются в лягушат, то умирают, едва выпрыгнув из пруда. Еще одно предположение говорит о том, что грибок блокирует осморегуляцию, из-за чего нарушается солевой баланс. И, наконец, ученые допускают, что грибок вырабатывает токсин, который убивает лягушку. В настоящее время ареал распространения этой болезни покрывает Австралию, Северную и Центральную Америку, а также Карибский регион. Считается, что именно этот грибок привел к исчезновению брызгающей жабы Киганси в Танзании. Кроме того, в Европе этой болезнью заражена повсеместно распространенная жаба-повитуха. Ученые пока не знают, как бороться с этой инфекцией, и она беспрепятственно распространяется по планете.

Исследователь Дж. А. Паундс из Тропического научного центра в Коста-Рике также считает, что истинной причиной таинственного исчезновения лягушек из лесов Центральной и Южной Америки является не хозяйственная деятельность человека, а смерть амфибий от болезни, вызванной грибом. Однако, как говорит Паундс: *«Грибок – это только пуля, а на спусковой крючок нажало глобальное потепление»*. Ученый установил, что повышение ночной температуры в тропиках создало более благоприятные условия для жизнедеятельности вредоносного грибка. Когда команда ученых во главе с Паундсом сопоставила хронологию и географию исчезновения земноводных за последние десятилетия с изменениями температуры воды и воздуха, то обнаружила полное совпадение: повышение средней температуры приводило к гибели животных (рис. 64). Исследователи считают, что потепление вызывает большую облачность, что приводит к созданию лучших условий для размножения данного вида грибка.

По мнению ученых из Зоологического сообщества Лондона, к 2050 г. более половины европейских амфибий может вымереть. Главными факторами, способствующими вымиранию животных, станут климатические изменения, разрушение ареалов обитания и эпидемии болезней. Наибольшему риску подвержены амфибии в Италии и на

Рис. 64. Число вымерших видов амфибий в тропической Америке связано со среднегодовой температурой предшествующего года (no: J.A. Pounds, 2006)

Иберийском полуострове. Недавнее глобальное исследование показало, что треть всех земноводных может просто исчезнуть с лица Земли в ближайшее десятилетие.



На состояние популяций амфибий могут влиять различные факторы, как локальные, так и глобальные. Российский специалист по амфибиям А.Н. Решетников (2007) справедливо полагает, что сокращение популяций в результате влияния негативных факторов необходимо отличать от колебаний численности этих популяций как естественного процесса. Для достоверного различия этих явлений требуется проведение многолетнего мониторинга, поскольку естественное падение численности (например, в результате повторяющихся климатических отклонений) может смениться подъемом. В одной из своих статей, посвященных глобальному сокращению численности земноводных, Решетников указывает, что научные исследования, связанные с проблемой уменьшения численности амфибий, группируются вокруг нескольких вероятных основных причин этого процесса: увеличение ультрафиолетового облучения вследствие истончения озонового слоя Земли; изменение климата; распространение инфекционных заболеваний; загрязнение наземных биотопов и мест размножения (включая закисление нерестовых водоемов); разрушение биотопов; вселение чужеродных видов животных.

Истончение озонового слоя Земли ведет к повышению в солнечном спектре доли ультрафиолетового излучения, представляющего определенную опасность для популяций тех видов амфибий, которые откладывают икру в открытых мелких водоемах. Может наблюдаться значительная гибель уже оплодотворенной икры таких видов. По-видимому, ультрафиолетовые лучи способны разрушать внутри-молекулярные связи в молекулах ДНК, пишет Решетников. В резуль-



тате нарушается нормальное развитие эмбрионов и личинок, что приводит к возникновению уродств или гибели животных. К естественным механизмам защиты эмбрионов и личинок амфибий от последствий воздействия ультрафиолетового излучения относится функционирование специальных ферментов – фототиаз, восстанавливающих нормальную структуру ДНК. Негативное

влияние ультрафиолетового излучения выявлено для многих видов амфибий в Северной Америке, Австралии и Европе. Чувствительность разных видов к действию солнечного облучения неодинакова. Икра тритонов особенно чувствительна к облучению, поэтому специализированные формы поведения (оборачивание самками икринок слизью при откладке) могут повышать их выживаемость, отмечает Решетников. В природных водоемах на выживаемость икры влияют высотность территории, облачность, присутствие в водоеме растительности, закрывающей икру от света, длительность инкубации, которая зависит от температуры воды. Головастики защищены от облучения лучше эмбрионов благодаря наличию в коже головастиков особых светопоглощающих образований. Однако недавно выявлен «перенесенный» эффект: особи, подвергнутые повышенному облучению на эмбриональных стадиях, завершали личиночное развитие позже, при меньших размерах и часто вовсе останавливались в развитии, в указывает своей статье А.Н. Решетников.

Исследователи из Пенсильванского университета Дж. Кисекер с коллегами изучали в течение 10 лет условия размножения западной жабы и выяснили, что обмеление прудов, в которых размножаются жабы и лягушки, вследствие общего потепления ведет к избыточному облучению икры и головастиков естественным ультрафиолетом. Это приводит к замедлению развития эмбрионов, а также к повышению их чувствительности к грибковым инфекциям. В прудах менее 20 см глубиной выживало не больше четверти икринок. Выживаемость была намного более высокой в прудах 50 см глу-

бины или в затененных водоемах. Однако это не единственные факторы уменьшения численности амфибий. Сокращение естественных ареалов обитания и загрязнение водоемов также сказывается крайне негативно на численность земноводных.

Климатические изменения могут влиять также на сроки размножения амфибий. Так, общее потепление климата в Англии в последние 20 лет явилось причиной того, что тритоны размножаются на несколько недель раньше, чем в прежние годы. У серой жабы время пробуждения и нерестовой активности зависит не от абсолютных температур, а от средних значений за некоторый период времени, предшествующий нересту. В последние десятилетия более ранними в Англии стали сроки выхода из зимовки и размножения у камышовой жабы и зеленой лягушки (на 1–3 недели за десятилетие). Сроки размножения амфибий были связаны как с дневными, так и ночными температурами в зимний и весенний периоды (рис. 65). В Финляндии существенно изменились сроки размножения травяной лягушки в период с 1846 по 1986 гг. вследствие изменений среднегодовой температуры воздуха и сроков весеннего снеготаяния.

Американские исследователи Дж.А. Гиббс и А.Р. Брейш (2001) провели сравнение сроков токования у шести видов лягушек в США (Итака) в начале (1900–1912 гг.) и конце (1990–1999 гг.) прошлого века. Они обнаружили, что сроки сместились на более ранние даты (на 10–13 дней), что было связано с повышением температуры на 1–2.3°C.

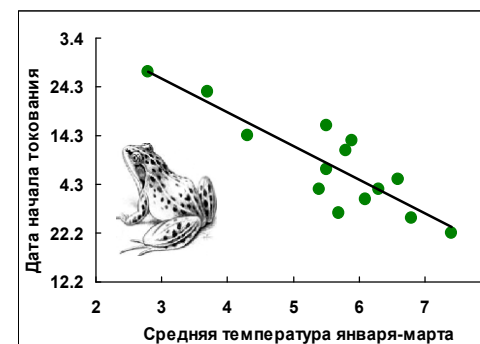


Рис. 65. Зависимость сроков токования у травяной лягушки от зимне-весенней температуры воздуха в Англии



И.В. Маслова (2001) изучала влияние климата на жизнь амфибий в заповедниках Южного Приморья. Она пришла к выводу, что наиболее важными факторами, влияющими на фенологию и экологию земноводных, зимующих в почве, являются сроки и характер ее оттаивания. Наиболее рано выходят с мест зимовок земноводные в тех

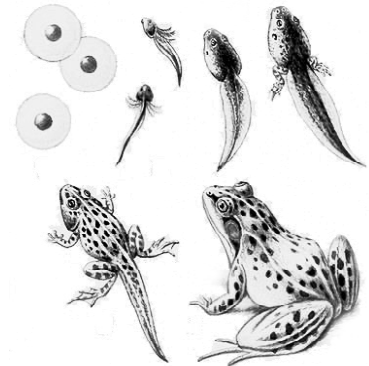
районах, где оттаивание по склонам южных экспозиций начинается уже в конце февраля. В этих районах весной наблюдается одновременное появление на нерестовых водоемах сибирских углозубов и дальневосточных лягушек. В других районах, где наблюдается более медленное оттаивание заболоченных почв, углозубы выходят позже бурых лягушек в среднем на две недели. Маслова приходит к важному выводу – фактор скорости оттаивания почв играет более существенную роль для начала репродуктивного периода у этих видов земноводных, чем освобождение водоемов ото льда. Она предполагает, что начало размножения у углозуба зависит также от начала выпадения осадков. Было отмечено повышение активности икрометания у этого вида после обильных дождей. Так, в крайне засушливый 1998 г. свежие кладки углозубов появились достаточно поздно, только после прохождения ливневых дождей в середине июня. Сходное поведение показывают американские саламандры, которые приступают к размножению только после выпадения обильных осадков. Подобная зависимость сроков размножения от уровня осадков обнаружена и у дальневосточной квакши. У дальневосточной лягушки, в отличие от



углозуба, в засушливую зиму 1998 г. период размножения сместился на более ранние, по сравнению с предыдущими годами, сроки. Однако поскольку пересохло большинство постоянных нерестовых водоемов, лягушки начали метать икру в тех водоемах, которых раньше избегали, сообщает автор. Эти водоемы (протоки и рукава горных рек),

как правило, с проточной водой, с низкой температурой воды и относительно большой глубиной. В предыдущие годы в этих водоемах кладок икры этого вида не наблюдалось. В Южно-Приморском округе, по данным И.В. Масловой, при продвижении к морскому побережью у большинства видов земноводных наблюдается запаздывание начала репродуктивного периода на одну – две недели по сравнению с обычными сроками, что связано с охлаждающим влиянием Японского моря. Сходные сроки начала размножения отмечал А.М. Басарукин для островных популяций дальневосточной квакши Сахалина и Кунашира. Высокая температура воздуха и обильные дожди во второй половине лета приводят к удлинению сроков их размножения. На влияние погоды на сроки размножения некоторых видов амфибий указывают и другие исследователи, в частности, А. Сальвадор и Л. Карраскал из Испании.

Наши травяные лягушки размножаются достаточно рано, это приводит к тому, что кладки их иногда можно наблюдать в водоемах, еще не освободившихся полностью ото льда. Установлено, что яйца этого вида выдерживают переохлаждение до минус 6°C и не теряют способности к развитию. Обладая способностью развиваться при низкой температуре, яйца травяной лягушки не могут без вреда



для себя долго выдерживать температуру около 24–25°C. Некоторые исследователи полагают, что южная граница распространения травяной лягушки определяется именно этим обстоятельством. Так, изучение ее в Пиренеях, где живут одиночные представители этого вида, привело к заключению, что южная граница распространения травяной лягушки совпадает с июльской изотермой 21°C. В Англии известны случаи, когда наступление жаркой погоды во время нереста задерживало икрометание. В результате, в поздно отложенных перезревших комках икры наблюдался большой процент погибших яиц. Предполагается, что при значительном повышении температуры окружающей среды зародыши гибнут от недостатка кислорода, так как

потребность в нем с повышением обмена веществ возрастает, а форма кладки в виде большого комка препятствует нормальной аэрации каждого яйца. Однако другие исследователи считают, что это маловероятно. Яйца травяных лягушек, обитающих на юге ареала, отличаются большей устойчивостью к высоким температурам, чем у северных популяций. Скорость развития находится в прямой зависимости от температуры: чем она выше, тем быстрее идет развитие. В среднем головастики травяной лягушки выклеваются из яиц через 8–10 дней после их откладки. В глубоких, затененных водоемах икра развивается примерно в четыре раза медленнее, чем в хорошо прогреваемых водоемах. Развитие головастиков у травяной лягушки занимает 50–90 дней. При более высоких температурах оно происходит быстрее. Температурный оптимум лежит в пределах 21–26°C. Однако, подобно остромордой, развитие травяной лягушки на Полярном Урале идет очень быстро – 43–50 дней. Температура воды, в которой живут головастики, колеблется здесь от 0 до 22°C, а чаще всего равна 10–15°C, т. е. далека от оптимальной. Таким образом, быстрый темп развития у северных популяций – это приспособление к существованию в местах, где лето очень короткое. Особенно велика смертность в период развития. Смертность яиц и головастиков в сумме составляет 80–97%. По данным специалистов, численность травяных лягушек в разные годы значительно изменяется. Так, с 1939 по 1942 гг. в средней полосе Европейской части бывшего СССР она возросла более чем в 45 раз; напротив, с 1936 по 1939 гг. неуклонно падала. Изменение численности может происходить одновременно на значительной территории. Сопоставление границ территории, на которой происходило снижение численности травяной лягушки в 1936–1939 гг., с границей засухи, бывшей в эти годы, показало, что именно засуха явилась основной причиной гибели животных. Пересыхание болот, ранний листопад и сухость лесной подстилки привели к гибели большого количества сеголеток и взрослых лягушек. Другой причиной, определяющей падение численности травяной лягушки, были сильные морозы при малоснежной зиме 1938–39 г. В эти годы нередко встречались водоемы, промерзшие до дна. Гибель амфибий зимой может достигать, по-видимому, значительных размеров. Есть указания на большой процент гибели их в зиму 1928–29 г.

Специалисты также нашли доказательства, что суровая зима 1828–29 г. привела к резкому снижению численности земноводных почти во всей Европе и полному исчезновению их в Исландии. Травяная лягушка менее чувствительна к суровым зимам, чем остромордая. Это объясняется тем, что она зимует в водоемах. Однако остромордая лягушка, как более сухолюбивая форма, более устойчива к засухе. Так как засуха и морозы по-разному сказываются на численности этих близких видов, то изменение численности их не всегда совпадает по времени и масштабам, считают специалисты.

Современное потепление климата в Европе привело к тому, что в северных популяциях лягушек отмечается все более раннее токовое поведение. Это зарегистрировано в Англии, Скандинавии и в некоторых других европейских странах.

Мы обработали многолетние данные, любезно предоставленные нам С. Ю. Рыковой из Пинежского заповедника (Архангельская обл.), по срокам встреч первых лягушек после зимовки (рис. 66). Из рисунка хорошо видно, что наблюдаются значительные межгодовые колебания в сроках выхода лягушек из спячки. В годы с теплой весной они появляются значительно раньше (в конце апреля), нежели в холодные годы (в середине мая).

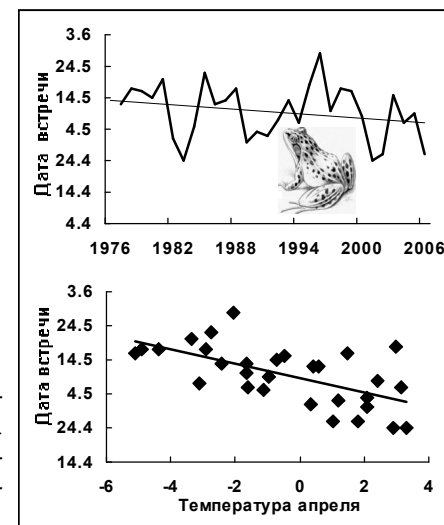


Рис. 66. Сроки появления травяной лягушки в Архангельской обл. в зависимости от весенней температуры воздуха (по неопубликованным данным С.Ю. Рыковой)

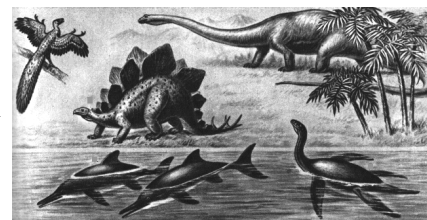
Как видно из приведенных выше фактов, экологическое равновесие в природе — исключительно хрупкое состояние, зависящее от множества факторов. На современном этапе развития цивилизации человечество не в состоянии предсказывать и контролировать последствия идущих на планете процессов. И надежд на улучшение ситуации в ближайшем будущем немного, считают ученые. Однако надо что-то делать. Поэтому Всемирная организация по биоразнообразию (UNCN) разработала специальный план по сохранению земноводных, который должен обойтись странам-членам ООН в 400 миллионов долларов и рассчитан на 5 лет. Она планирует собрать деньги на защиту земноводных, предотвращение их заболеваний, создание для них охраняемых территорий и даже особой спасательной службы.

*Динозавры,
крокодилы, ящерицы, змеи*



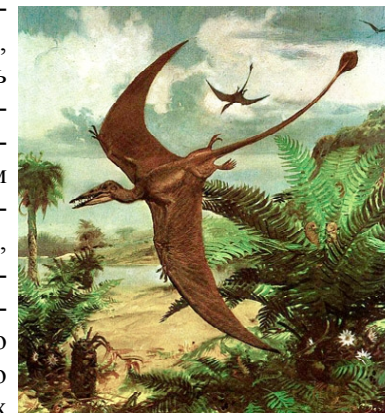
Согласно многочисленным легендам и мифам разных народов когда-то на Земле жили чудовищные драконы. Время от времени находили огромные кости, которые не могли принадлежать современным животным, и это еще в большей степени убеждало людей в существовании сказочных чудовищ. Теперь, благодаря работе палеонтологов, мы точно знаем, что огромные кости на самом деле принадлежат реальным животным, жившим за многие миллионы лет до того, как на планете появились люди. Этих вымерших животных стали называть динозаврами, что в переводе с греческого означает «гигантские ящеры». Термин этот не совсем удачен, считают специалисты, поскольку кроме ящеров-исполинов были найдены и маленькие динозавры величиной с зайца и даже меньше — размером с ворону (прекурзор). Кроме того, «динозаврами» в широком смысле слова называют и других вымерших рептилий, не относящихся к так называемым настоящим динозаврам — ихтиозавров, плезиозавров и других.

Благодаря палеонтологам и любителям-непрофессионалам — «охотникам за динозаврами», удалось восстановить ту далекую эпоху, когда на Земле 200–70 млн. лет назад царствовали удивительные рептилии.



Некоторые из них достигали громадных размеров. Например, растительноядные длинношеее диплодоки достигали 26 метров в длину. Бронтозавр был не столь длинным, но весил около 30 т. Самый крупный хищный динозавр — тиранозавр, 6 метров высотой, был вооружен огромными когтями и зубами величиной с кинжал. Одновременно с наземными динозаврами в воздухе парили крылатые ящеры — птерозавры (размах крыльев ящера-птеранодона достигал 7–8 метров), по сравнению с которыми современные кондоры и грифы показались бы мелкими пернатыми хищниками. В древних водах морей и озер господствовали другие хищные рептилии: ихтиозавры («рыбоящеры») с головой дельфина, зубами крокодила и хвостом рыбы и плезиозавры, имевшие еще более причудливый облик огромной змеи с лапами.

Десятки миллионов лет суша, море и воздух принадлежали этим удивительным рептилиям. Почему же 65–70 миллионов лет назад они окончательно вымерли? Это одна из наиболее интригующих загадок в науке об ископаемых животных. Выдвинуто множество гипотез, авторы которых пытаются связать исчезновение динозавров с изменением климата Земли (резким похолоданием или, наоборот, внезапным усилением жары), падением астероида и вспышкой сверхновой звезды, эпидемиями и конкуренцией со стороны млекопитающих, эволюционным тупиком и неспособностью приспособиться к темпам быстро меняющейся жизни. Анализ всех





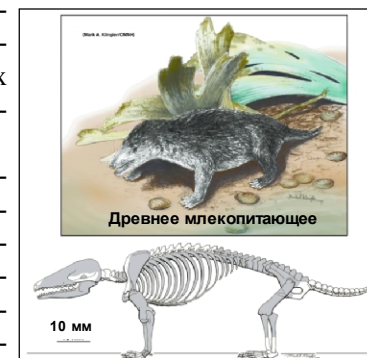
гипотез потребовал бы целой отдельной книги, поэтому рассмотрим только климатические гипотезы.

Согласно одной из них, на протяжении большей части мезозойской эры (230–140 млн.

лет назад), когда господствовали динозавры, вулканическая деятельность на Земле была относительно незначительна и поступление CO_2 в атмосферу вследствие вулканической деятельности было сравнительно невысоким. По расчетам специалистов поступление углекислоты от жизнедеятельности животных, а так же от гниения растений и животных было соизмеримо с количеством кислоты, поступающей в атмосферу вследствие вулканической деятельности планеты, и играло существенную роль в снабжении атмосферы углекислым газом. Связанная углекислота не вся освобождалась при гниении растений и животных, а за счет особого влажного климата на планете переходила в отложения карбонатов, углей и других углеродсодержащих пород органического происхождения. Количество биомассы на Земле в течение долго периода оставалось стабильным, установился баланс в круговороте CO_2 . Такое же количество CO_2 связывалось растительностью Земли при фотосинтезе. По данным специалистов, в конце юрского периода мезозойской эры (около 135 млн. лет назад) резко активизировалась вулканическая деятельность нашей планеты, что первоначально привело к некоторому увеличению CO_2 в атмосфере, и, как следствие, в результате парникового эффекта способствовало увеличению температуры на планете. Резко стал меняться облик планеты, стали высыхать болота, изменяться очертания озер и морей и, в тоже время, образовывались другие болота, озера и леса на новых местах. Там, где были леса, образовались пустынные области. Не все животные смогли приспособиться к быстро меняющимся условиям и при высыхании водоемов гибли. Разбалансировка между поступлением в атмосферу CO_2 и его потреблением привела к резким скачкам температуры на планете, что неблагоприятно сказалось на животном и растительном мире. Резкие колебания температуры должны были привести в конечном итоге к сокращению биомассы на

Земле, но не к катастрофическому исчезновению динозавров, считает большинство специалистов. Многие из них выжили, хотя и сократились в численности. Снижение численности животных на Земле привело к резкому уменьшению поступления углекислоты в атмосферу и вслед за потеплением наступило похолодание. Вновь стал меняться облик планеты, пустыни опять стали покрываться лесом, болота высыхали и превращались в пустыни. Динозавры должны были вновь приспосабливаться к изменившимся условиям. По данным некоторых палеонтологов на изменения климата многие виды, в частности бронтозавры, отвечали массовой гибелью. Однако другие исследователи считают, что главным могильщиком динозавров явились не резкие колебания температуры на Земле, а мелкие млекопитающие, которые довершили начатое стихией дело до конца. В то время, когда яйца рептилий от резких колебаний температуры погибали, эмбрионы млекопитающих успешно развивались в утробах самок, температура которых не зависла от температуры окружающего воздуха. Обилие трупов погибших динозавров служило отличной пищей для хищных млекопитающих – трупоедов, что привело к увеличению их численности. Особенно страдали от хищников яйца рептилий и их потомство, которое они не могли защитить от небольших, но юрких млекопитающих. Следует отметить, что по данным палеонтологов, в частности известного российского ученого К.Ю. Еськова (2004), динозавры и мелкие млекопитающие появились на Земле одновременно (в конце триаса) и совместно существовали на протяжении 120 млн. лет. Поэтому ошибочно писать, как это часто делают даже в учебниках по биологии, что мезозой был веком динозавров, а кайнозой – веком, пришедших им на смену млекопитающих, отмечает в своей книге Еськов.

Свою роль в уничтожении динозавров сыграли и новые, более приспособленные родственники динозавров – змеи и ящерицы, которые уничтожали яйца более крупных рептилий. Сами они выжили благодаря спо-



способности укрываться в узких щелях и полостях между камнями. В реках стали доминировать крокодилы, уничтожив других более древних водных рептилий. Прочная кожа, а также способность, зарывшись в ил, переживать самые неблагоприятные условия дали крокодилам шанс переживать трудные времена.

В меловой период, по данным палеогеологов, материки стали приобретать современные очертания в результате активного тектонического движения. В течение этого периода неоднократно происходили глобальные изменения климата на планете, но в целом он оставался теплым. Меловой период продолжался около 70 млн. лет (см. таблицу). Для геолога, изучающего данный период, непродолжительное (в течение 100 лет) похолодание на 5–10 градусов в одном из тысячелетий мелового периода – это лишь мгновение, но для животных, продолжительность жизни которых исчисляется годами, даже кратковременное похолодание может привести к гибели, в первую очередь, его потомства. Без потомства, естественно, вид навсегда исчезнет с лица Земли. На протяжении мелового периода окончательно исчезли не только гигантские бронтозавры, но и многие тысячи других видов животных, менее приметных, чем динозавры.

В конце мелового периода наступает очередное похолодание, в результате чего сокращается ареал околотовной растительности; вымирают растительноядные, за ними – хищные динозавры (крупные рептилии сохраняются лишь в тропическом поясе); в морях вымирают многие формы беспозвоночных и морские ящеры. По данным палеонтологов, процесс вымирания занял около 5 млн. лет, так как слои давностью в 70 млн. лет содержат множество останков этих древних ящеров. По геологическим меркам это период не очень продолжительный, но все-таки надо отметить, что вымирание не было быстрым. Обычно происходит плавный и постепенный переход от фонового вымирания, происходившего во все эпохи, до массового. Причем массовые вымирания, по мнению специалистов, охватывают лишь около 5% всех явлений вымирания в истории Земли, остальные 95% приходятся на менее заметное фоновое вымирание.

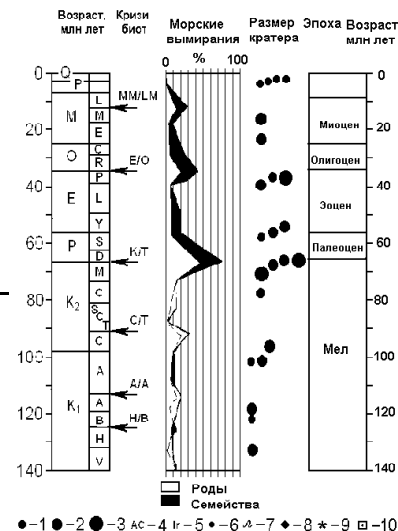
Вымирание динозавров явилось лишь частью так называемого «великого вымирания», происходившего в то же время: вместе с динозаврами вымерли морские рептилии (мозазавры и плезиозавры)

и летающие ящеры, многие моллюски, в том числе аммониты и множество водорослей. Всего, по расчетам специалистов, погибло 47% морской фауны, 16% морских и 18% сухопутных семейств позвоночных. Однако большая часть растений и животных пережила этот период. Например, не вымерли сухопутные пресмыкающиеся – черепахи и ящерицы, а также водные – крокодилы. Кроме того, некоторые динозавры (трицератопсы, тероподы и др.) существовали на западе Северной Америки и в Индии еще несколько миллионов лет в начале палеогена после их вымирания в других местах.

Вымирание динозавров и многих морских животных совпало с падением гигантского метеорита около 65 млн. лет назад (рис. 67). Падение космического тела диаметром 10 км в районе полуострова Юкатан на территории современной Мексики, как полагают некоторые ученые, послужило толчком к еще более массовым вымираниям. На месте его падения найден громадный кратер, диаметром около 180 км. Сила удара, с которой метеорит врезался в нашу планету, сравним по расчетам некоторых ученых с взрывом 5 млрд. атомных бомб. Однако до сих пор ведутся споры о том, насколько сильно было влияние этой катастрофы на животный и растительный мир Земли.

С.А. Вишневский из института минералогии и петрографии СО РАН в своей статье «Импактные (т.е. связанные с ударным воздействием) события и вымирания организмов» (2001) пишет, что еще в 1980 г. американский физик Луис Альварес, анализируя причины вымирания организмов на границе

Рис. 67. Распределение доли вымерших морских организмов в меловой и третичный периоды (кружками обозначено время образования кратеров – диаметром от 20 км до 200 км при падении астероидов разного размера; по: A. Montanari, R. Coccioni, 1993)

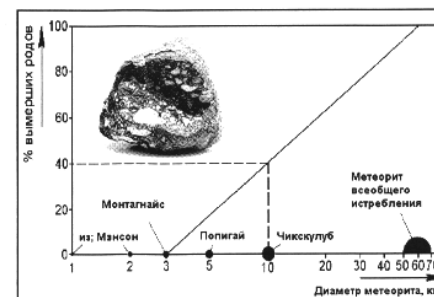




мелового и палеогенового периодов, высказал оригинальную гипотезу о внешней причине этого вымирания, опираясь на факты присутствия импактного иридия (весьма редкого металла) в пограничном слое мел-палеоген. Импактит – это горная порода, переплавленная при ударе и взрыве метеорита, она состоит из

плотного или пузырчатого стекла того же химического состава, что и исходная порода. Последующее изучение привело к выявлению других признаков внешних воздействий в этом горизонте. Подтверждением гипотезы стало открытие кратера Чиксулуб на территории Мексики с воронкой диаметром около 100 км. Расчеты показали, что при ударе такого крупного астероида было выброшено в атмосферу огромное количество пылевидного материала, в 60 раз больше массы самого астероида. Альварес и его сторонники предположили, что эта пыль обращалась вокруг Земли несколько лет, прежде чем выпасть на поверхность. По мнению этих ученых, плотный пылевой слой должен был задерживать значительную часть солнечного света, тем самым ослаблять фотосинтез, что должно было привести к массовой гибели многие растения, в первую очередь, планктонные водоросли с коротким жизненным циклом, а затем и животных, питающихся ими. Более того, должна была наступить так называемая «астероидная зима» с резким охлаждением поверхности планеты и усилением накопления CO_2 в океане (из-за ослабления фотосинтеза). Эоцен-олигоценное вымирание организмов 35 млн. лет назад, по-видимому, также было вызвано внешним воздействием, что позволяет предположить его связь с падением другого крупного метеорита (Попигайский кратер), считает Вишневский. Если принять за основу, что мел-палеогеновое и эоцен-олигоценные вымирания организмов связаны, соответственно, с Чиксулубским и Попигайским событиями, а в качестве нулевого репера использовать импактное событие Монтангайнс, при котором не произошло глобального воздействия на биоту, то можно оценить зависимость амплитуды вымираний от размера метеорита (рис. 68). Из нее следует, что астероид диаметром около

Рис. 68. Оценка зависимости масштаба вымирания от размера метеорита
(по: L.F. Jansa и др., 1990)



60 км может стать причиной гибели всех высокоорганизованных форм жизни на Земле.

По мнению австралийских ученых, основной причиной гибели гигантских рептилий послужило не столкновение Земли с астероидом, а изменение климата на планете. Астероид лишь довершил дело. Такие выводы ученые сделали на основании результатов исследования останков динозавров, найденных в канадской провинции Альберта. Палеонтологи обратили внимание на распределение в костях различных изотопов кислорода. Полученные данные позволяют судить о температуре воздуха в то время. Как оказалось, примерно за 7 млн. лет до столкновения Земли с астероидом – предполагаемым «убийцей» динозавров, средняя температура воздуха снизилась с 25°C до 15°C . Одновременно с похолоданием наблюдалось уменьшение количества атмосферных осадков. Для динозавров, лишенных системы регуляции температуры тела, перемены оказались губительны. К моменту столкновения Земли с астероидом популяция динозавров уже снизилась примерно вдвое. Те немногие, кто сумел приспособиться к новым условиям, не смогли пережить последствий новой катастрофы.

Недавно международная группа ученых во главе с профессором Гертой Келлер из Принстона (США) заявила, что обнаружила новые доказательства несостоятельности сложившейся гипотезы о причине гибели динозавров в результате падения астероида в Мексике (см. сайт <http://www.princeton.edu/pr/pwb/03/0922/>). Согласно этим исследователям, детальное изучение проб пород, взятых на месте падения астероида, показывает, что 180-километровый кратер образовался, как минимум, за триста тысяч лет до предполагаемой даты

гибели динозавров. Страшный взрыв, последовавший за падением гигантского космического тела, безусловно, оказал немалое влияние на климат планеты и условия существования рептилий. Тем не менее, динозавры продолжали жить. И лишь вторая катастрофа, предположительно случившаяся в акватории Индийского океана, окончательно определила судьбу динозавров. Следует, правда, заметить, что гипотеза Келлер была встречена научным сообществом с изрядной долей скептицизма, поскольку независимые группы исследователей уже не раз выдвигали альтернативные гипотезы, объясняющие причины вымирания доисторической фауны.



Несмотря на то, что делается множество предположений о катастрофическом воздействии космических объектов на биосферу, ни одно из них не получило пока убедительного доказательства. Противники этой гипотезы (в основном палеонтологи) указывают на то, что вымирание происходило постепенно (миллионы лет) и затронуло лишь часть биологических видов. Глобальная катастрофа неизбежно затронула бы все виды. Так, например, К.Ю. Еськов в своей книге (2004) пишет, что группа динозавров достигла максимума разнообразия в позднем мелу, а затем оно начало снижаться. Вымирание динозавров шло весь поздний мел с более или менее постоянной скоростью, но, начиная с некоторого момента, эта убыль перестает компенсировать возникновение новых видов. Таким образом, полагает Еськов, в конце мела имело место не катастрофическое вымирание динозавров, а всего лишь отсутствие компенсации новыми видами. Этот исследователь считает, что все попытки обнаружить следы астероидных импактов в горизонтах, соответствующих другим крупным вымираниям (например, перм-триасовому), ни к чему не привели. Существует целый ряд точно датированных метеоритных кратеров даже более крупного размера (до 300 км в диаметре), пишет Еськов, и при этом достоверно известно, что ничего серьезного с биотой Земли в те моменты не происходило. Например, известное массовое вымирание морских организмов

представляется «мгновенным» лишь по геологическим меркам, указывает Еськов, оно продолжалось, по разным оценкам, от 10 до 100 тысячелетий (а не годы, как это должно было бы быть по импактным моделям). Кроме того, в биологической истории нашей планеты неоднократно происходило и сейчас происходит исчезновение целого ряда видов, однако специалистам не удается уверенно связать эти явления с какой-либо катастрофой. Палеонтологи полагают, что импактные воздействия не представляют серьезной угрозы для сбалансированных, ненарушенных экосистем, но допускают, что если они уже находятся в состоянии кризиса, то кратковременная «астероидная зима» способна сыграть роль «последней соломинки, ломающей спину верблюда». По мнению ряда ученых, в первую очередь российских, экосистемы в норме обладают колоссальной устойчивостью, и разрушить их внешними воздействиями – даже катастрофическими (кроме, конечно, деятельности человека) – чрезвычайно трудно.

Для современных рептилий наиболее важными факторами среды являются суммарная солнечная радиация, температура поверхности почвы, количество осадков и продолжительность безморозного периода (для рептилий умеренной зоны). Так, например, длительный зимний холодный период является одной из важнейших преград для распространения теплолюбивых видов на север. К примеру, современная герпетофауна Северо-Запада России смогла сформироваться только после отступления ледникового покрова в последнее Валдайское оледенение. К.Д. Мильто из Зоологического института РАН указывает в своей диссертационной работе (2007), что, начиная с последней стадии Валдайского оледенения (12 000–11 000 лет назад), и в течение бореального периода (максимум бореального потепления – около 8500 лет назад), когда широко были распространены сосново-мелколиственные леса и болотные сообщества, уже имелись подходящие условия для существования таких видов рептилий, как живородящая ящерица и обыкновенная гадюка.



Наибольшее разнообразие герпетофауна достигла, видимо, в период атлантического времени (7700–4500 лет назад), когда широко-

колиственные леса преобладали по всей территории и климат был более мягким и теплым, нежели в наши дни. Тогда же, по-видимому, получили наибольшее распространение виды южного происхождения (прыткая ящерица, обыкновенная медянка и болотная черепаха), считает Мильто. Следующие – суббореальный (4500–2500 лет) и субатлантический (2500–1000 лет) – периоды характеризовались более прохладным климатом, быстрым сокращением широколиственных лесов и заменой их лесами таежного типа, что привело к незначительному обеднению фауны земноводных и пресмыкающихся.

Во Франции исследовали влияние окружающей температуры на размножение аспидовой гадюки. Этот вид приступает к размножению в апреле, вскоре после выхода с зимовки. Стало известно, что температура в течение трех месяцев беременности влияет, во-первых, на температуру тела самок, а во-вторых, на продолжительность беременности, жизнеспособность эмбрионов и фенотип потомков. Теплая погода в июне приводит к тому, что у молодых особей увеличивается число сегментов тела, высокая температура в середине беременности (июле) ускоряет развитие и, соответственно, приближает дату появления потомства на свет, а прогревание в конце беременности (август) уменьшает вероятность рождения мертвых особей.

Французские ученые во главе с Оливье Маркизом проанализировали, как местные климатические условия влияют на успешность размножения у живородящей ящерицы. Данные собирались М. Массотом и его коллегами в период с 1989 по 2004 гг. в Центральной Франции. Обнаружено, что количество осадков, а не температура во время беременности является одним из основных климатических факторов, влияющих на успешность размножения этого вида. При повышенном уровне осадков во время беременности самки производят более мелкое, но вполне жизнеспособное потомство. Однако в случае сильных дождей самки производят меньше потомков, которые заметно дольше развиваются. Уровень осадков в течение первого месяца жизни, положительно коррелирует с выживанием молодых особей. Таким образом, именно уровень осадков является ключевым фактором, определяющим жизнь живородящей ящерицы в исследуемом южном регионе.

Согласно другому исследованию, проведенному на юге Франции, выживаемость взрослых живородящих ящериц в одной из популяций, судя по повторным поимкам меченых особей, положительно связана с майской температурой. Анализ многолетних данных показал, что за 18 лет размер ящериц всех возрастных групп существенно увеличился. Это увеличение размера тела оказалось связанным с сопутствующим увеличением температуры, наблюдаемым в районе исследования в течение первого месяца жизни (август). В случае, если ежедневная максимальная температура в августе увеличивалась на 2.2°C, индекс длины головы годовалой ящерицы возрастал примерно на 28%. В результате заметно увеличивался размер тела у самок, а поскольку их плодовитость зависит от размера тела, репродуктивность их также повышалась. Таким образом, общая продуктивность ящериц положительно среагировала на увеличение окружающей температуры.

Имеются данные, свидетельствующие о том, что сроки размножения у некоторых видов ящериц сместились на более ранние даты в связи с потеплением климата. Так, по данным М. Олссона и Р. Шайна откладка яиц у прыткой ящерицы в умеренной зоне начинается на месяц раньше в годы с теплой весной. Даже у средиземноморских видов, в частности у зеленой ящерицы, сроки появления на свет потомства могут сдвигаться на месяц при определенных погодных условиях. В Южной Австралии установление теплых и сухих зим в последнее десятилетие привело к более раннему образованию пар и размножению у гладкой исполинской ящерицы.

Мы проанализировали многолетние изменения сроков появления первых живородящих ящериц в Архангельской обл. Выявлены значительные межгодовые флуктуации в сроках появления первых особей (рис. 69). В годы с теплой весной первых особей встречали 19 апреля, в холодные годы – только 23 мая. Таким образом, существует сильная отрицательная связь между весенней температурой воздуха и сроками выхода ящериц из зимовки.



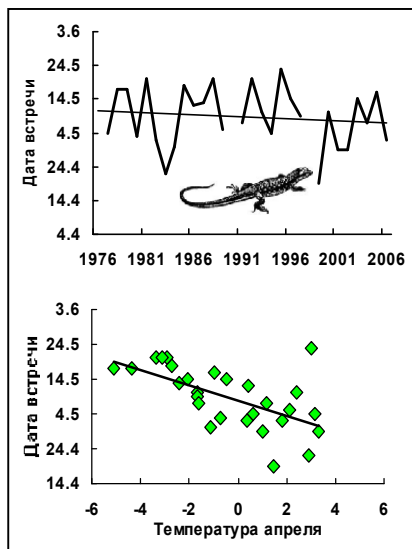


Рис. 69. Сроки появления живородящей ящерицы в Архангельской обл. в зависимости от весенней температуры воздуха (по неопубликованным данным С. Ю. Рыковой)

Глобальные климатические сдвиги влияют не только на среду обитания животных, но в ряде случаев и на их пол. К такому выводу пришли специалисты по рептилиям. Дело в том, что у некоторых из них, в частности, у крокодилов и ящериц-гаттерий, пол эмбриона не заложен на генетическом уровне, а определяется тем, при какой температуре внешней среды созревают яйца.

Изменение климата может привести к радикальным изменениям в численном соотношении полов в некоторых популяциях и даже поставить целые виды на грань исчезновения, утверждают ученые. Так, по мнению некоторых специалистов, глобальное изменение климата может привести к вымиранию таких древних пресмыкающихся, как гаттерии, так как при повышении температуры все рождающиеся особи будут самцами. Обычно, если температура в гнезде ниже или равна 22.1°C, то вылупившиеся особи являются самками. Выдерживание яиц при температурах, превышающих 22.3°C, приводит к появлению на свет исключительно самцов. Согласно прогнозам, сделанным на основании моделей изменения климата, к 2085 г. на Земле, в среднем, станет на 4 градуса теплее. Этого будет достаточно для того, чтобы в гнездах гаттерий двух сохранившихся на сегодняшний день видов вылупились только самцы. В прошлом гаттерии уже сталкивались с изменением климата, и в настоящее время их численность мала, а ареал обитания ограничен несколькими островами Новой Зеландии. Гаттерии появились на Земле около 200 миллионов лет назад. Они сохранили много примитивных для пресмыкающихся черт,

например, так называемый третий глаз – светочувствительный орган на макушке. У древних рептилий чрезвычайно замедлен метаболизм, и в среднем они живут около ста лет. Специалисты из Университета Мельбурна сомневаются, что сохранившиеся гаттерии смогут перебраться в более прохладные места, поэтому они предлагают создать над гнездами животных искусственный источник тени, чтобы спасти их от вымирания.



Некоторые исследователи считают, что, поскольку на нашей планете сильные потепления климата уже наблюдались неоднократно в прошлом, и животным удавалось приспособиться к ним, то причин для особого беспокойства нет и на этот раз. К сожалению, это не так, считает Дж. Фуфопулос из университета Мичигана. Его новое исследование позволило показать большие различия между глобальным потеплением в наши дни и естественными колебаниями климата в прошлом. Теоретически каждому виду для выживания требуется свой ареал обитания и определенные климатические условия. В прошлом, когда климат менялся, популяции вымирали лишь в части своего ареала, одновременно распространяясь на другие территории, граничащие с ареалом. Эта колонизация новых территорий была критически важна для выживания видов в нестабильном климате прошлых ледниковых периодов. Однако масштабное перемещение видов, предотвращавшее массовые вымирания в прошлом, вряд ли будет действовать также эффективно в современном сильно измененном мире, считает исследователь. Ведь сегодня человеческая деятельность привела к тому, что ранее неразрушенные экосистемы оказались разделены на мелкие фрагменты. В результате популяциям становится все сложнее колонизировать области, которые становятся подходящими для обитания при меняющемся климате. Теперь, считает Фуфопулос, наилучшие шансы выживания будут существовать у птиц и летающих насекомых, которые могут относительно легко перемещаться. Малоподвижные виды, такие как рептилии и амфибии, рискуют больше всего. Свои выводы ученый основывает на результатах исследо-

вания популяции рептилий на островах в Средиземном море в конце последнего ледникового периода. Из-за фрагментации островов животные оказались заперты в своих «индивидуальных» ареалах. По мере повышения температуры более теплолюбивые рептилии не смогли прийти на смену менее теплолюбивым сородичам, вымиравшим на соседних островах, поэтому гибли целые популяции. В результате общие потери значительно превысили те, что наблюдались на материке.

Итак, современное потепление климата оказало весьма существенное влияние в первую очередь на сроки размножения амфибий и рептилий. Лягушки, жабы, ящерицы в ряде европейских стран и США стали раньше появляться весной после зимовки, раньше проявлять брачное поведение, раньше приступать к размножению. Во многих случаях это способствует более успешному размножению и появлению наиболее жизнеспособного потомства, в первую очередь у видов и популяций, обитающих в северных регионах. В тоже время, в южных странах потепление климата, возможно, оказывает негативное воздействие на численность многих видов амфибий. Ряд специалистов предполагает, что современное потепление климата способствует более интенсивному развитию и широкому распространению патологических для земноводных инфекций, которые существенно сокращают численность этой группы животных в настоящее время.



Влияние климата на миграции и численность млекопитающих

Миграции у млекопитающих, в первую очередь у копытных, китообразных, ластиногих и летучих мышей, в Северном полушарии, по всей видимости, формировались постепенно, в значительной мере – под воздействием потепления климата, вызвавшего отступление ледников к северу. С таянием ледников расширялись территории, пригодные для добывания пищи и размножения. До колонизации европейцами Северной Америки бизоны совершали свои впечатляющие походы дважды в год. Они двигались по более или менее замкнутому кругу огромного размера, проходя путь от Канады до Мексики и обратно. Северные олени (карибу) ежегодно преодолевают расстояния от 600 до 800 км. Все лето они пасутся в тундре, но с наступлением июля пускаются в путь к югу, через хвойные леса, следуя по одним и тем же маршрутам. Весной они пускаются в обратный путь, устремляясь вперед, несмотря ни на какие препятствия. Их скорость превышает 15–20 км/сутки. Нередко они гибнут в большом количестве, переправляясь через полноводные реки. Потепление климата может привести к существенному изменению условий обитания копытных животных не только в местах их зимовки и размножения, но и на путях их миграции. Это приведет к тому, что животным придется менять традиционные пути миграции, что, скорее всего, существенно повысит их смертность в этот период и приведет к сокращению численности большинства популяций.

Эрик Пост из Пенсильванского университета (США), Мадс Форчхаммер из Копенгагенского университета (Дания) и их коллеги (1999) проанализировали долговременную динамику популяций карибу и овцебыка в Гренландии в зависимости от изменения климата. Карибу и овцебыки живут на разных побережьях Гренландии, разделенных ледяным щитом. Оказалось, что локальные зимние температуры воздуха и глобальный погодный индекс Северо-Атлантического Колебания, характеризующий погоду в Европе, в сходной мере влияют на динамику численности этих двух видов. Суровые зимы оказывают одинаковое воздействие на популяции этих видов через увеличение смертности молодых особей. Возможно, холодные зимы оказывают сильное влияние на развитие растений, которыми питаются оба вида, определяя тем самым продуктивность этих видов. И карибу, и овцебыки в Гренландии совершают достаточно выраженные сезонные миграции, которые, по всей видимости, также зависят от климатических условий года.

Сезонные миграции копытных животных происходят не только в Северном полушарии, но и на африканском континенте с его жарким климатом. Основными причинами их также являются погодные факторы. Когда в тропической Африке начинается дождливый период, полупустыни и степи оживают, покрываясь цветущими растениями и травой, что привлекает многих копытных животных. За огромными табунами зебр, газелей и прочих копытных двигаются следом крупные хищники: львы, леопарды, гиены и шакалы. Когда заканчивается дождливый период и под палящим солнцем равнина выгорает, начинается обратная миграция животных.

Спутниковое слежение за перемещениями одной из наиболее северных популяций африканских слонов в Мали показало, что сроки их миграции в значительной степени зависят от смены климатических условий в Сахеле. В наиболее благоприятный период слоны обитают на севере Мали, затем по мере развития засухи взрослые особи вместе с детенышами мигрируют на юг, переходят границу соседне-



го государства Буркина Фасо и живут здесь около двух месяцев. Затем, когда здесь заканчивается сезон дождей и наступает засушливый период, они вновь возвращаются на север в свой знакомый район. Общая протяженность миграции составляет около 1150 км.

Рис. 70. Пути миграции серых китов

го государства Буркина Фасо и живут здесь около двух месяцев. Затем, когда здесь заканчивается сезон дождей и наступает засушливый период, они вновь возвращаются на север в свой знакомый район. Общая протяженность миграции составляет около 1150 км.



В книге В.Е. Соколова и В.А. Арсеньева (1994), посвященной усатым китам, приводятся данные о том, что для популяций серых китов, населяющих Тихий океан и прилегающие районы Северного Ледовитого океана (Чукотское и Восточно-Сибирское моря) характерны протяженные сезонные миграции, составляющие в целом около 20 000 км и длящиеся 4–6 месяцев (рис. 70). Сроки начала и окончания сезонных (весенних и осенних) миграций сильно растянуты и зависят от конкретных метеорологических и гидрологических условий. Кроме того, существуют отличия в сроках миграций у различных половых и возрастных групп китов.

По данным В.Л. Мишина из Мурманского морского биологического института, климатические факторы во многом определяют особенности сезонного распределения китообразных и ластоногих в Баренцевом море, влияя на миграции и стратегию их воспроизводства. При этом, если влияние климатических факторов на китообразных осуществляется, главным образом, через трофические связи, то на тюленей их воздействие может быть прямым. Это связано с тем, что жизнь тюленей в большей степени зависит от динамики гидрометеорологических факторов, так как в период размножения ластоногие в обязательном порядке выходят из воды на лед, берега островов или материкового побережья. В одной из своих работ Мишин указывает, что влияние на уровень смертности приплода для видов, размножающихся на льдах (гренландский тюлень, хохлач, кольчатая нерпа, морской заяц), могут оказывать такие факторы как: температура воздуха, толщина льда, наличие на нем снежного покрова и его толщина, степень сплоченности льдов, их торосистость, возраст, нали-

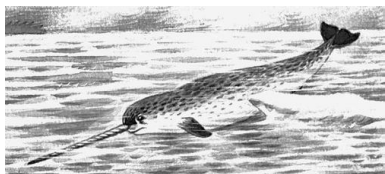


чие трещин и разводий), а для видов, размножающихся на берегу (серый и пятнистый тюлени), – штормовые волны, снегопады и ветра. Трофические взаимоотношения и пищевые миграции морских млекопитающих, по данным этого автора, в большой степени зависят от температуры вод и характеристик течений, поскольку с ними связана динамика численности кормовых объектов и сезонная цикличность биологической продуктивности морей. В качестве примера автор приводит ситуацию с динамикой нагульных миграций беломорского лысуна. Обычно область распространения этого вида, включающая

воды Мурмана, простирается вокруг полуострова Варангер и более западных, сильно изрезанных берегов Финмарка. Данный район является юго-западной границей распространения беломорского лысуна. Однако в холодные зимы этот вид может появляться у островов Вестеролен и даже южных островов Лофотен. В исключительно суровые зимы, которыми характеризовалось начало прошлого столетия, стада тюленей могут проникать и в более южные воды Норвегии. Изменение путей миграции гренландских тюленей, массовый заход животных в прибрежные воды, сообщает Мишин, может весьма негативно отразиться на рыбохозяйственной деятельности региона. В 1987 г. был практически сорван рыбный промысел в Норвегии, так как более 56 тысяч гренландских тюленей попали в рыболовецкие сети. В обычные годы гибель ластоногих в орудиях лова норвежских рыбаков составляет от 500 до 2000 животных. Предполагается, что массовое внедрение тюленей в прибрежные экосистемы северной Норвегии связано с необычно низкими температурами воды в 1987 г. и резким сокращением численности мойвы в Баренцевом море в середине 80-х гг. прошлого века.

В. Н. Лысцов, много лет участвовавший в работе Международной группы по защите арктической морской среды, в статье «Угрожающее потепление» (2007) пишет, что три последних десятилетия льды всей Арктики сжимались, словно шагреновая кожа (в особенности летом – с июля по сентябрь), теряя чуть менее 1% общей поверхности летнего ледового покрова. Каждый год исчезало чуть ли не по 100 тыс. кв. км льда – площадь всей Исландии. Уменьшается не только площадь ледовой поверхности, истончается и сам лед. За последние 30 лет толщина морских льдов уменьшилась на 1.3 м, почти вдвое. А чем тоньше лед, тем короче ледовый сезон. Теперь льды начинают таять весной раньше и покрывают поверхность воды осенью позже, чем обычно. Такие резкие изменения арктического климата не могли не сказаться на судьбе полярных млекопитающих, пишет Лысцов. Кольчатые нерпы, например, устраивают на прочном льду свои лежбища и выкармливают там щенков. На льдах или на твердой земле строят берлоги белые медведи. Для медведицы и медвежат весной наступает критический период. Когда самка с выводком поднимается после 5–7-месячного голодания, то достаточное количество добычи (прежде всего крупной – такой, как нерпы) для нее вопрос жизни и смерти. Но если весенние льды рано тают и ломаются, то дальнейшие переходы к местам охоты становятся невозможными. Недостаток питания приводит к тому, что в последние годы, по данным канадских исследователей, состояние здоровья белых медведей, особенно беременных самок и детенышей, заметно ухудшилось. Упала рождаемость, снизилось число медвежат в возрасте до одного года и их средний вес – примерно на 15%. Для другого крупного вида морских млекопитающих – моржей – сдвиг кромки льдов от берега опасен по иной причине. Дело в том, что основной корм моржей – донные моллюски, а по мере удаления льдин от берегов моржам приходится нырять за ними все глубже и глубже, указывают специалисты.

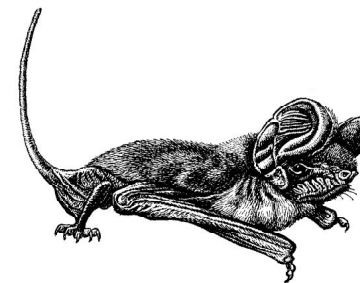




В настоящее время считается, что белые медведи стали символом негативного воздействия глобального потепления на животный мир Арктики, однако недавние исследования показывают, что климатические изменения больше угрожают другому арктическому млекопитающему – нарвалу. Эти китообразные, отличающиеся длинным спирально закрученным бивнем, послужившим основой для создания мифа о единороге, опередили в этом списке белых медведей. За нарвалом в списке животных, сильнее других подвергающихся опасности, следуют тюлень-хохлач, гренландский (или полярный) кит и морж. Ученые из Канады, Гренландии, Норвегии и США в исследовании, опубликованном в журнале «*Ecological Applications*» (2007), определили, как потепление климата может затронуть среду обитания, доступность пищи и способность к размножению ряда арктических морских млекопитающих. Исследователи проанализировали девять показателей, позволяющих определить способность животных противостоять будущим климатическим изменениям. Среди этих факторов фигурируют численность популяции, специфика места обитания, разнообразие режимов питания и способность справляться с изменениями, происходящими со льдом. Это не означает, что нарвалы, численность популяции которых составляет от 50 до 80 тысяч особей, вымрут первыми. Таяние льдов может оказать более сильное влияние на белых медведей, популяция которых исчисляется примерно 20 тысячами особей, уточняют ученые. Терри Рут из Стэнфордского университета (США), который не принимал участия в этом исследовании, считает, что хоть даже нарвалы и весьма многочисленны, но если их местообитание или какие-то нужные для их жизни условия исчезнут, они не смогут выжить. Белые медведи могут частично приспособиться к изменениям климата в Арктике, а нарвалы – нет, полагает этот ученый. При таянии льдов не только изменяется среда обитания нарвалов, но и увеличивается возможность нападения на них хищников.

Другая группа млекопитающих, на которую заметно сказалось современное потепление климата – это летучие мыши. Летучие мыши, которые питаются преимущественно активными насекомыми, в

северных регионах с наступлением зимы вынуждены либо впадать в спячку, забираясь в дупла, на чердаки домов и т.п., либо улетать на юг, подобно насекомоядным птицам. В Северной Америке дальние миграции совершают красный и мохнатый волосатохвосты. Оба этих вида можно встретить осенью на Багамских островах, в 1000 км к юго-востоку от Нью-Йорка, где они стали размножаться. Североамериканские серебристые гладконосы также совершают регулярные ежегодные миграции, а мексиканские складчатогубы мигрируют на тысячи километров в центральные районы Мексики и Колумбию.



Марри Хамфрис из университета Альберта с коллегами Джоном Спикманом и Дональдом Томасом провели исследование ареалов обитания некоторых видов североамериканских летучих мышей и сравнили их с климатическими изменениями региона обитания этих видов. Исследование показывает, что изменение климата отодвигало северную границу зоны распространения бурой ночницы к северу приблизительно на 5 км в год за последнее столетие. Выяснилось, что эти небольшие летучие мыши могут зимовать только в областях, где зимы достаточно короткие и теплые, чтобы осеннего жира, который они нагуляли за сезон, хватило бы им до весны. Ученые проанализировали климатические изменения северной части Канады, чтобы оценить, как условия, с которыми сталкиваются летучие мыши, изменятся в будущем (к 2020 г.). Они пришли к выводу, что, поскольку североамериканские зимы становятся более теплыми и короткими, способность летучих мышей использовать накопленный жир в период зимнего покоя позволит им расширять и дальше северные границы зоны их распространения (рис. 71). Это исследование ясно дает понять, что даже небольшие изменения среднегодовой температуры могут в большой степени сказываться на зональном перераспределении популяций летучих мышей.

В Европе также несколько видов летучих мышей совершают дальние миграции – это рыжая вечерница, кожаны, нетопырь Натузиуса.

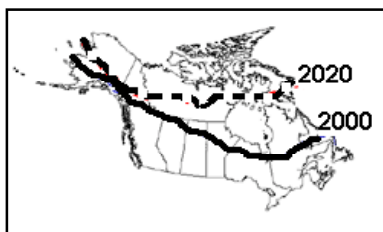


Рис. 71. Предполагаемое расширение ареала североамериканских летучих мышей к 2020 г.

Миграции этих видов происходят в пределах Европы, сведений о том, что они зимуют в Африке, подобно многим перелетным птицам, нет.

На Куршской косе в большие ловушки во время миграции попадают не только птицы, но и некоторые виды летучих мышей, которых мы тоже кольцуем. Многолетний отлов ловушками позволил получить весьма редкие данные по срокам весенней миграции у мышей. Оказалось, что три вида летучих мышей стали прилетать весной на Куршскую косу существенно раньше в последние два десятилетия прошлого века (рис. 72). Причем сроки прилета в сильной степени зависели от весенней температуры воздуха: чем выше была температура апреля в Балтийском регионе, тем раньше появлялись летучие мыши (рис. 73). Таким образом, эта группа животных отреагировала на современное потепление в Северном полушарии сходным с перелетными птицами образом (см. главу 3).

По данным английских исследователей, потепление климата может привести к расширению мест обитания летучих мышей в Англии. Современное обилие некоторых видов летучих мышей, в первую очередь, малого нетопыря, на юге Англии отражает определенную климатическую ситуацию в этом регионе. Продвижение их к северу пока ограничивается относительно низкой температурой воздуха, обилием осадков и частыми сильными ветрами. Если потепление климата в Северном полушарии продолжится, то это даст возможность летучим мышам значительно расширить ареал обитания к северу.

Более 18 видов млекопитающих, что составляет около 30% от общего количества обитающих в Великобритании зверей, в настоящее время оказались под угрозой исчезновения из-за изменения климата и утраты мест обитания, считают английские зоологи. Среди

животных оказавшихся на грани исчезновения – еж, водяная полевка и орешниковая соня. Значительно сократилась численность популяции летучей мыши – длинноухой ночницы, которая является одним из самых редких млекопитающих Великобритании. Специалисты отмечают, что только два из обитающих в Великобритании вида млекопитающих увеличили свою численность: выдра и летучая мышь – малый подковонос. В числе возможных причин существенного

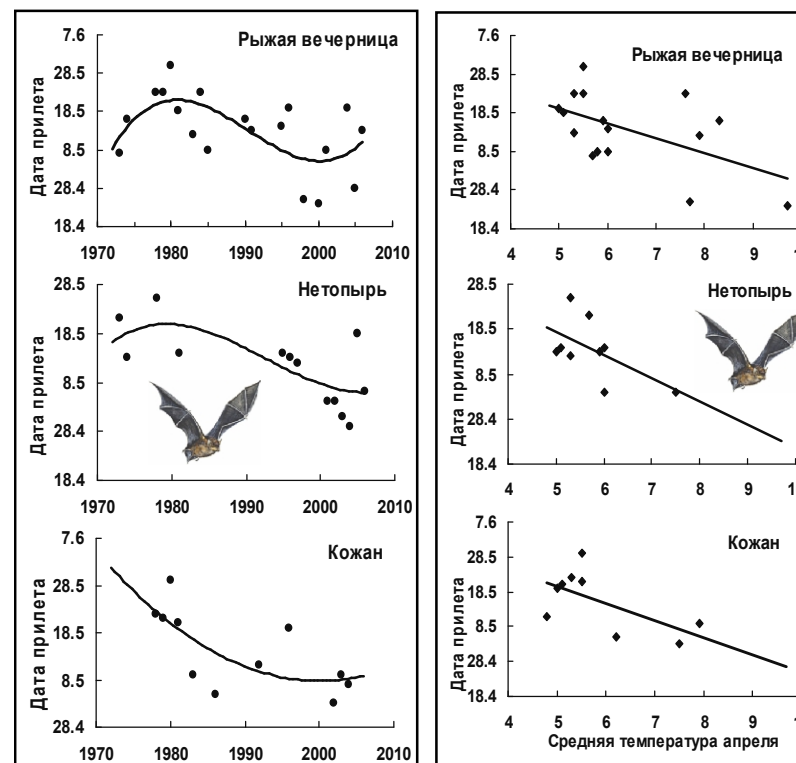
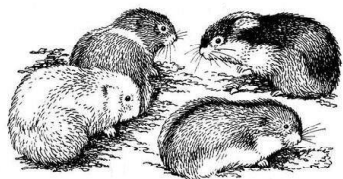


Рис. 72. Сроки весеннего прилета летучих мышей на Куршскую косу Балтийского моря

Рис. 73. Связь сроков прилета летучих мышей на Куршскую косу с весенней температурой воздуха

снижения численности млекопитающих эксперты называют изменение климата, приводящее к установлению более сухого и жаркого лета и более влажной зимы, что заставляет многих животных изменять особенности своего поведения и распространения. Британские ученые также отмечают, что дикие олени, популяция которых увеличилась за последние 30 лет, могут являться причиной гибели более мелких млекопитающих, так как уничтожают растительный покров, не оставляя пищи для них.

Живущие в тропиках летучие лисицы или крыланы нередко тоже совершают довольно регулярные массовые миграции в поисках поспевающих плодов. Например, обитающие в Уганде летучие лисицы мигрируют на юг Африки, когда в Южное полушарие приходит лето, а в сезон дождей летят обратно на север, к низовьям Нила. В Австралии крыланы периодически мигрируют из Квинсленда в Новый Южный Уэльс. По данным австралийских исследователей, северная граница некоторых видов крыланов в настоящее время сместилась на 5° к югу в связи с изменением климата на континенте.



На большие расстояния в Северном полушарии перемещаются и некоторые виды грызунов, например лемминги. Эти мелкие зверьки населяют Европу, Азию и Северную Америку. На протяжении ряда лет численность леммингов может оставаться относительно

низкой, но затем следует взрыв размножения, в результате которого появляется несметное количество этих зверьков. Эти годы часто называют «лемминговыми». Жители Норвегии сравнивают нашествия леммингов с полчищами саранчи в южных странах. Причины таких скачков численности до конца еще не поняты, но специалисты предполагают, что в определенные годы лемминги попадают в исключительно благоприятные условия, в результате чего начинается быстрый рост численности за счет появления большого количества молодых особей. Если такие условия сохраняются на протяжении ряда лет, происходит непомерный рост популяции. Но сколь бы обильны ни были запасы пищи, примерно через 3–4 года наступает момент, когда

местные ресурсы оказываются исчерпанными, и тогда начинается массовая эмиграция избыточного населения. Специалисты считают, что кроме механизмов, связанных непосредственно с плотностью популяций, на амплитуду и частоту колебаний сильно влияют погодные условия в течение года. Наиболее важным фактором является снежный покров. Под снегом проходит значительная часть жизни леммингов: здесь они не только активно питаются, но и приступают в конце зимы к размножению. Оптимальный для леммингов снежный покров должен не только надежно защищать их от холода и хищников, но и оставлять у поверхности земли пространство, в котором зверьки могут легко проложить сеть ходов и камер, необходимых для передвижения, питания зелеными частями растений, а также рождения и выкармливания детенышей.



Недавно норвежские исследователи выяснили, что происходящее в последнее время на севере Европы потепление отрицательно сказывается на жизни леммингов. Начиная с 1994 г. регулярные вспышки численности леммингов в Норвегии прекратились. Причина столь радикального изменения популяционной динамики леммингов кроется в изменении климата. Зима стала наступать позже, а заканчиваться раньше. Чередование оттепелей и последующих похолоданий приводит к тому, что нижние слои снежного покрова примерзают к поверхности земли. В твердом промерзшем снегу лемминги не могут проложить сеть нужных им ходов. Доступное леммингам подснежное пространство резко сокращается. Зверькам не хватает пищи и места для устройства камер, в которых они размножаются. Никакого подъема численности весной в такие годы не наблюдается.

В статье, недавно опубликованной в журнале «Nature» (2008), Кирре Каусруд из Университета Осло и его коллеги из других научных учреждений Норвегии и Франции проанализировали материалы по учету леммингов и других грызунов в горной части южной Норвегии за 38 лет и сопоставили их с данными по состоянию снежного покрова (рис. 74–76).

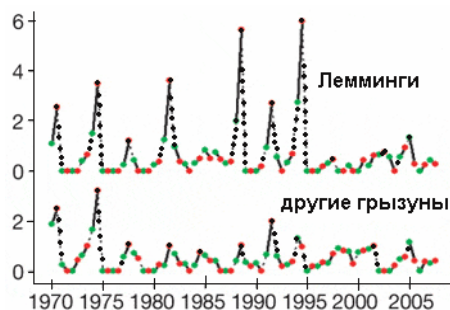


Рис. 74. Динамика численности леммингов и других грызунов в Норвегии с 1970 по 2005 гг. (оценка численности дана как количество зверьков, пойманных в расчете на 100 «ловушко-ночей»; по: K. L. Kausrud и др., 2008)

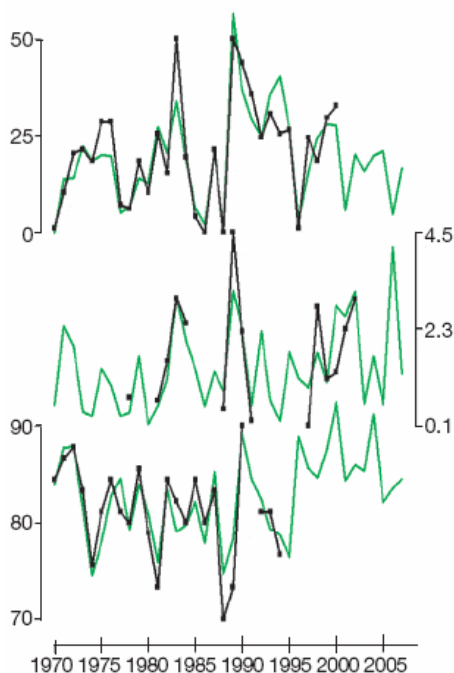
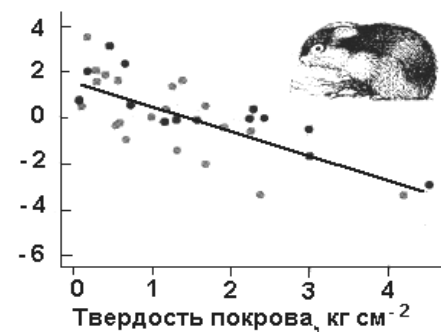


Рис. 75. Изменение площади покрытия снегом (верхний график), твердости нижних слоев снежного покрова (средний график) и относительной влажности (нижний график) в районе исследования (Норвегия)

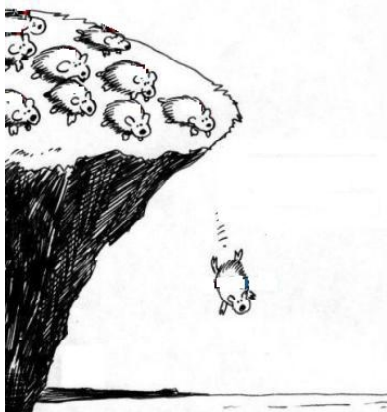
На основании имеющихся в распоряжении ученых сведений о погоде и динамике численности леммингов за период 1970–1994 гг. авторы построили математическую модель, которая дала прогноз на последующие 10 лет. В ходе исследования выяснилось, что о состоя-

Рис. 76. Зависимость размаха колебаний численности леммингов в районе исследования от твердости нижнего слоя снежного покрова



нии столь необходимого леммингам подснежного пространства можно судить по определенной в конце зимы твердости нижних слоев снежного покрова. Чем она больше, тем меньше возможностей для сохранения около земли свободного пространства, тем меньше шансы леммингов на успешное размножение в конце зимы и достижение пиковой численности в начале лета. Другой, не менее важный показатель условий для леммингов – относительная влажность воздуха. Высокая влажность свидетельствует об оттепелях и угрозе затопления подснежных коридоров и камер, в которых находятся детеныши леммингов и кормящие их матери.

Массовая эмиграция леммингов представляет собой грандиозное зрелище: тысячи и даже миллионы зверьков пускаются в путь в поисках корма и новых территорий. Вопреки общепринятому мнению, они начинают путешествие не большими группами, а поодиночке, но когда на их пути встречается какое-нибудь естественное препятствие, например река, на ее берегу постоянно собираются несметные полчища зверьков. Рано или поздно они кидаются в воду и тысячами тонут в тщетной попытке переплыть реку. Раньше считалось, что практически все они погибают во время опасного путешествия, однако сейчас благодаря индивидуальному мечению показано, что часть особей все же выживает и успешно осваивает новые районы. Легенды о самоистреблении леммингов основаны на тех редких случаях, когда они действительно во множестве гибнут в море во время шторма. Описан случай, когда в 1868 г. пароход во фьорде Тронхейм (Норвегия) 15 минут шел по морю, сплошь усеянному мертвы-



ми и еще живыми зверьками. Во время миграции гренландские лемминги нередко идут по льду, покрывающему океан, к матерiku, переплывая при этом протоки и реки в наиболее спокойных местах. Известны случаи, когда они успешно переплывали фьорды шириной более четырех километров. У леммингов, в отличие от северных оленей, нет определенных путей миграции, однако общее направление все же есть, оно в значительной степени зависит от рельефа местности.

Наш замечательный отечественный зоолог А.Н. Формозов в своих исследованиях много времени уделял влиянию снежного покрова на выживаемость мелких млекопитающих. Он четко показал, что зимнее вымирание мышевидных бывает тем масштабнее, чем меньше выпало снега или чаще были оттепели, увеличивающие его плотность и теплопроводность. В годы с холодной и малоснежной зимой может погибнуть большая часть популяции мелких грызунов и кротов. Помимо этого, при малой высоте покрова успешнее истребляют грызунов не только четвероногие, но и пернатые хищники. Обратная картина наблюдается при выпадении обильных снегов и отсутствии оттепелей: рыхлый, не осевший снег отлично сберегает тепло в глубоких ходах грызунов и затрудняет охоту хищников (особенно пернатых). В годы с повышенной снежностью наблюдается гибель сов-миофагов из-за бескормицы. В такие зимы вымирание выросшей к осени популяции мелких грызунов (и землероек) идет менее энергично, и многие зверьки доживают до весны. Например, зима 1928–29 г., отличавшаяся многоснежьем и морозами, была губительной для сов на Украине и в Германии. В то же время полевки благополучно перезимовали под защитой снега, и весной 1929 г. во многих районах Украины дали серьезную вспышку размножения.

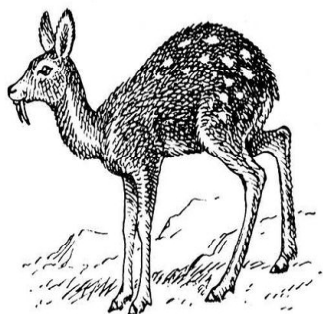
В связи с повышением температуры воздуха в ряде горных регионов Северной Америки некоторые популяции американских

грызунов пищух в последние десятилетия стали жить на больших высотах, чем прежде. Типичным местообитанием этой пищухи являются каменистые осыпи у верхней границы леса и выше. Размножаются они с мая по сентябрь, принося два помета по 2–5 детенышей. Корм, запасаемый на зиму, складывается в виде стожков высотой до 50 см. По полевым наблюдениям А. Смита, зверьки перестают делать запасы в жаркие периоды времени. Температура выше 31°C может убить их всего за полчаса.

По данным О.Ю. Заумисловой (2000), в Сихотэ-Алинском заповеднике на Дальнем Востоке за последние 40 лет численность большей части крупных млекопитающих (изюбря, пятнистого оленя, косули и кабана) постепенно возрастала: сильнее всего эта тенденция проявилась в период второй волны потепления климата, которая началась в конце 80-х – начале 90-х гг. прошлого века. Автор полагает, что самый простой и очевидный механизм позитивного влияния повышения зимне-весенне-летних температур воздуха, которое наблюдалось в регионе в эти годы – это непосредственное снижение зимней смертности и повышение выживаемости молодняка в весенне-летний период. Важно, что возрастание плотности копытных, особенно заметное в последнее десятилетие XX в., привело к значительному росту численности тигра, как на территории заповедника, так и по всему Приморскому краю. В свою очередь, это привело к дальнейшему снижению численности волка и практически полному его исчезновению из районов с высокой численностью тигра.



В отличие от копытных Сихотэ-Алинского заповедника, потепление не оказало заметного влияния на численность кабарги в Зейском заповеднике, расположенном в Амурской области. По данным С.А. Подольского с коллегами (2006), роль «запускающего механизма» длительных колебаний численности этого вида играет коли-



чество осадков в начале вегетационного периода. Влажные весны, следующие одна за другой, способствуют росту лишайников и вегетации высших растений, используемых кабаргой в пищу. Это создает возможность для роста численности этого вида. В случае снижения уровня осадков, как это имело место в начале XXI в., численность кабарги заметно сокращается. Авторы ука-

зывают, что при достижении популяцией максимальной численности, особое значение приобретает высота снежного покрова. В зимы с повышенным уровнем осадков снег помогает кабарге использовать дополнительные запасы ранее недоступных древесных лишайников. Знание основных механизмов динамики численности кабарги, подчеркивают авторы, дает возможность прогнозирования динамики ее численности, что необходимо для организации эффективной охраны этого вида.

По данным английских ученых, изменение климата заметно влияет на популяции благородного оленя. Плодовитость и смертность молодых особей у этого вида обычно определяют зимние условия. В теплые зимы уменьшаются размер тела и вес детенышей при рождении, что ведет к сокращению репродуктивного успеха оленей, что, в свою очередь, приводит к снижению численности популяции у этого вида. Благородный олень адаптирован к относительно холодным погодным условиям, и потепление на него сказывается негативным образом, поскольку он не может быстро акклиматизироваться к новым условиям. Для европейских популяций косули важна весенняя температура. При низкой апрельской температуре увеличивается смертность молодых животных из-за позднего развития растительности, необходимой для полноценного питания. Поэтому весеннее потепление должно благоприятно сказываться на численности косуль, поскольку выживаемость их в молодом возрасте будет повышаться.

Мы проанализировали сроки выхода бурого медведя в Кроноцком заповеднике в восточной части Камчатки в течение 30 лет

(с 1970 по 2000 гг.). Сотрудники заповедника ежегодно контролируют первые следы медведей, вышедших из спячки. Оказалось, что в последние два десятилетия прошлого века камчатские медведи стали выходить из берлоги на 15–20 дней раньше, чем в 1970-е гг. (рис. 77). Более ранний выход бурого медведя на Камчатке, в первую очередь, объясняется тем, что в данном регионе в последние два десятилетия XX века наблюдалось значительное повышение весенних температур воздуха, причем наиболее сильно – в апреле.

Мы имели возможность сравнить данные по выходу бурого медведя на Камчатке и в Архангельской обл., в Пинежском заповеднике. Интересно, что в Архангельской области сроки появления первых медведей весной практически не изменились с 1977 по 2006 гг. (рис. 78). Это связано с тем, что в данном регионе не наблюдалось заметного повышения весенних температур воздуха.

Итак, млекопитающие, как и другие группы животных, четко реагируют на изменение климата, которое происходит в три последних десятилетия прошлого века и в начале нынешнего.

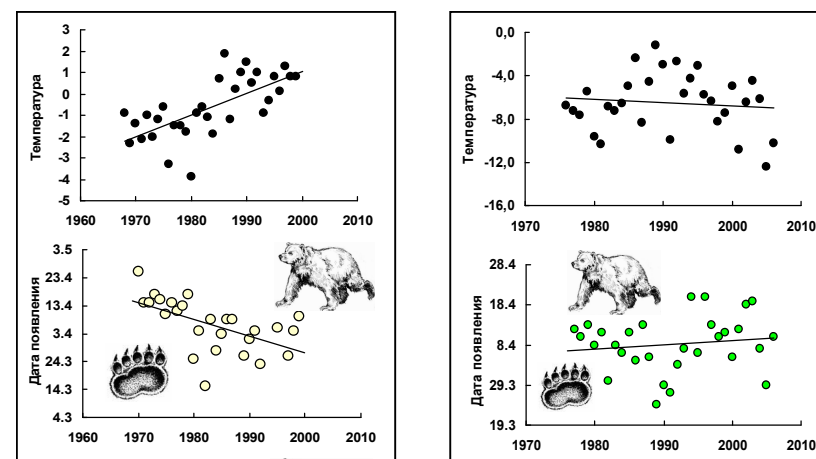


Рис. 77. Тренды апрельской температуры и сроков выхода медведей после спячки на Камчатке (слева)

Рис. 78. Тренды мартовской температуры и сроков выхода медведей после спячки в Архангельской обл. (по неопубликованным данным С.Ю. Рыковой)

В этой главе я постарался изложить конкретные факты, которые свидетельствуют о том, что современное изменение климата заметно отразилось на жизни совершенно разных организмов – от простейших до наиболее высоко организованных животных и растений. Во многих случаях, как растения, так и животные, среагировали на потепление климата изменением сроков вегетации и размножения. У большинства из них начало весенних сезонных явлений сместилось на более ранние календарные сроки. Это, в свою очередь, привело к увеличению продуктивности и, соответственно, численности у разных организмов. В ряде случаев расширился ареал обитания видов, изменились пути их расселения и миграций. Однако нередко современное потепление климата оказывает негативное воздействие на жизнь растений и животных. В целом ряде регионов мира из-за участившихся засух, пожаров, бурь, наводнений и других природных катаклизмов погибает множество растений и животных, что приводит к снижению, иногда катастрофическому, как отдельных популяций, так и целых видов. Потепление климата в ряде случаев может приводить к более широкому и интенсивному распространению опасных для растений и животных болезней, что тоже не способствует выживанию видов. Необходимо продолжать мониторинговые исследования биологических объектов, чтобы вовремя заметить катастрофическую ситуацию, происходящую с тем или иным видом и успеть что-то предпринять для его сохранения.

В следующих главах будут рассмотрены реакции на климатические изменения наиболее изученной в этом отношении группы животных – птиц.



Глава 3

Как повлияло изменение климата на сроки миграций и гнездования птиц

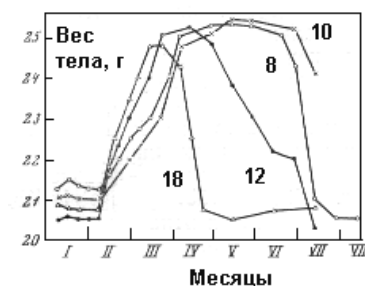
Некоторые ученые предполагают, что выраженные дальние миграции у птиц получили широкое распространение еще в конце эоцена, около 40 млн. лет назад, когда начался период глобального похолодания (и, возможно, засухи), продолжавшийся почти весь олигоцен (см. таблицу). В последующий более теплый период миоцена, начавшийся около 25 млн. лет назад, миграции птиц могли стать менее обязательными. Однако позже, примерно 5 млн. лет назад, когда началась очередная холодная эпоха плиоцена с ее мощными оледенениями, потребность к дальним перемещениям у птиц вновь сильно возросла. Ареал обитания многих видов существенно сократился из-за того, что значительные части суши были покрыты льдом и снегом. В периоды кратковременного отступления ледников, по-видимому, увеличивалось число видов птиц, которые совершали миграции на дальние расстояния.

Вот что писал знаменитый российский ученый, академик М.А. Мензбир в своем капитальном труде под названием «Птицы», изданном в 1904–1909 гг.: *«Начало перелетов относится, по всей вероятности, к концу плиоценовой эпохи, когда зимы становились все продолжительнее, а лета короче, когда распределение тепла по*

временам года утратило свою прежнюю равномерность, и полярный мрак приготовился окутывать все большую и большую площадь. Коротко говоря, это было время, предшествовавшее наступлению ледникового периода, когда обледенение площади суши северного полушария на обширном протяжении вызвало как прямое следствие отступление животного населения арктических и подарктических стран к югу и косвенно способствовало выражению перелетов в более резкой форме». Однако Мензбир не считал ледниковый период единственным фактором, обусловившим возникновение перелетов. «Это был только один из важных факторов, прямо внесший с собою новые условия существования для птиц известных широт и косвенно поставивший в новые условия птиц даже тех широт, которых его прямое влияние не могло касаться», — писал автор. Ссылаясь в другой своей книге — «Миграции птиц», вышедшей в печать в 1934 г. — на исследования американцев, доказывающих, что весенние миграции не зависят от изменения погоды и что перелет начинается под влиянием внутреннего импульса птицы, Мензбир пишет следующее: «Но из того, что перелет начинается не под влиянием изменения климата, нельзя делать вывод, что такое изменение вовсе не влияло на перелет. Изменение климата влияет на корм птиц, а добывание корма является важнейшим фактором в определении времени прибытия птиц на место гнездовья. Следовательно, хотя толчком к весеннему пролету и являлся физиологический стимул, изменения погоды должны влиять на перелет, так как они влияют на условия добывания корма. Следует помнить при этом, что весенний перелет связан в среднем с повышением температуры, а осенний отлет совпадает с ее понижением». Указывая на влияние внешних факторов среды на миграцию птиц, Мензбир признает и много инстинктивного в их поведении, особенно в стремлении к перелетам молодых птиц, которые не имели еще никакого опыта.

В настоящее время среди большинства орнитологов в мире общепринятым является положение о том, что в основе цикличности миграций и размножения у птиц лежат цирканые (окологодовые) эндогенные ритмы, синхронизируемые с циклом внешних условий один раз в год (весной, при увеличении длины дня), и дополнительно контролируемые изменением фотопериода на протяжении большей

Рис. 79. Весеннее миграционное увеличение веса тела у зябликов, помещенных 8 февраля на постоянные фотопериоды 18, 12, 10 и 8 ч света в сутки (по: В.Р. Дольник, 1975)



части года. В результате многочисленных лабораторных экспериментов, вначале американскими (Вильям Роуэн, Альберт Вулфсон), потом немецкими (Питер Бертольд, Эдвард Гвиннер) и отечественными (В.Р. Дольник, В.М. Гаврилов, Г.А. Носков) исследователями было показано, что у перелетных птиц фотопериод контролирует: 1) время и скорость развития половой активности (гонады), 2) время и скорость развития весеннего миграционного состояния, 3) время начала и окончания, а также стратегию послебрачной линьки, 4) время наступления и окончания осеннего миграционного состояния и некоторые другие.

Считается, что у перелетных видов, зимующих в Северном полушарии, развитие гонад и начало миграционного состояния стимулируется увеличивающейся длиной светового дня в начале весны (рис. 79). Тогда как у палеарктических мигрантов, пересекающих экватор, весенняя миграция стимулируется, наоборот, сокращающимся фотопериодом Южного полушария. Предполагается, что у видов, зимующих вблизи экватора, где день равен ночи, весеннее миграционное состояние спонтанно индуцируется эндогенными циклами, которые в течение лета и осени контролируются фотопериодом в районе гнездования.

Большинство ученых считает, что температурный контроль сезонных явлений у птиц не выражен, а контроль миграций в зависимости от изменения влажности среды и пищи характерен только для некоторых тропических видов, но не для палеарктических мигрантов.

Как определяют сроки миграций птиц



Смена сезонных явлений у птиц давно интересует людей. Приход весны люди, живущие на севере, видимо всегда связывали с появлением первых птиц, прилетающих из южных стран. В Великобритании в графстве Кент в одном из замков сохранился мозаичный пол времен Римской эпохи, на котором изображены времена года, где весна представлена рисунками в виде деревенской ласточки. В Англии первое

весеннее кукование обыкновенной кукушки регистрируется любителями птиц начиная с 1703 г. Однако научный подход к изучению этой проблемы начался лишь в XVIII в., после того как великий ученый Карл Линней основал науку под названием авифенология (фенология птиц), которая долгое время была единственной научной основой исследования сроков протекания сезонных явлений у птиц. В результате в Европе была создана широкая сеть наблюдателей – любителей и профессионалов, которая, в первую очередь, занималась регистрацией сроков миграции птиц. В России впервые такая сеть была организована в середине XIX столетия А.Ф. Миддендорфом. Впоследствии сеть наблюдателей возглавил отечественный исследователь Д.Н. Кайгородов. Именно с его именем связан наибольший размах фенологических наблюдений в дореволюционной России. В составе сети Кайгородова было около 700 корреспондентов, с которыми он в течение 30 лет вел переписку. В газете «Новое время» на протяжении многих лет регулярно печатались его фенологические заметки с данными из разных концов страны. После революции начал работать специальный фенологический отдел им. Д.Н. Кайгородова при бюро научных наблюдений Русского общества любителей миропведения. Позже был организован фенологический сектор Географического общества СССР. Он насчитывал около 4000 участников.

В бывшем Советском Союзе практически во всех заповедниках в обязательном порядке велась и до сих пор ведется «Летопись

природы», в которую записывается разного рода фенологическая информация, включая и сроки миграций у птиц.

Сроки прилета птиц в разных странах мира обычно оценивают по дате первой встречи (регистрации) появившегося весной вида. Нами и некоторыми другими исследователями, в частности Тимом Спарксом (2001) из Англии, было показано, что по дате первой регистрации птицы можно вполне объективно судить о сроках миграции того или иного вида в конкретный год (рис. 80).

Чтобы получить более или менее реальные представления о сроках миграции популяции в целом, необходимо проводить регуляр-

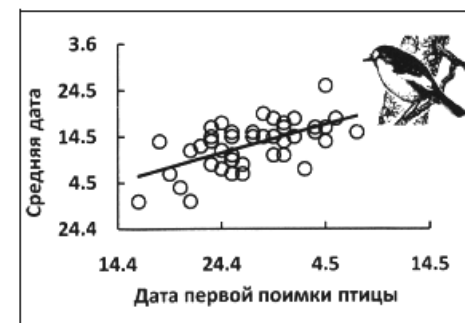


Рис. 80. Связь дат первой и средней поимки мухоловок-пеструшек во время весенней миграции на Куршской косе

ный массовый отлов птиц на протяжении всего периода миграции. Это можно сделать только на специальных орнитологических станциях, таких как, например, биостанция «Рыбачий», находящаяся на Куршской косе Балтийского моря. Для массового отлова и последующего кольцевания птиц используют разного рода ловушки. Либо стационарные конструкции в виде воронки разной высоты, ширины и длины, каркас которой обтянут сетью (делью), заканчивающейся небольшим приемником-накопителем для попавшихся птиц, или переносные тонкие паутинные сети разной высоты, невидимые для птиц, которые натягиваются между шестами.

На полевом стационаре биостанции «Рыбачий» в 1957 г. были построены огромные стационарные ловушки (высотой около 16–18 м, шириной 30–35 м и длиной до 70 м). С тех пор эти ловушки



ежегодно устанавливаются с конца марта по 1 ноября. Одновременно в отдельные периоды функционировало до четырех ловушек. Одни ловушки своим входом ориентированы на юго-запад – для отлова птиц во время весенней миграции, другие

– открыты воротами на северо-восток, преимущественно для отлова птиц осенью. В гнездовой период также одновременно работают разнонаправленные ловушки. При таком массовом отлове птиц стационарными ловушками или паутинными сетями сроки миграции популяции можно оценить не только по первой поимке, но и по медианной или средней дате всех пойманных на пролете особей.

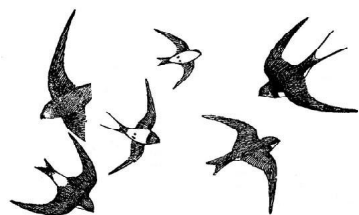
Определенное представление о сроках миграции вида через какой-то регион можно получить и с помощью визуальных наблюдений за пролетом птиц в бинокль днем и в подзорную трубу ночью на фоне диска Луны. Однако визуальные методы менее подходящие, поскольку требуют от исследователей ежедневных многочасовых наблюдений за мигрирующими птицами в любую погоду на протяжении 1–2 месяцев в сезон в течение многих лет. Причем наблюдения эти надо проводить в местах высокой концентрации птиц, где имеется хороший обзор днем (для дневных мигрантов), и только в лунные ночи (для ночных мигрантов). Кроме того, при визуальном наблюдении часто не удается точно определить вид пролетающей птицы, особенно в тех случаях, когда птица летит молча. Ночью на фоне диска Луны в большинстве случаев вообще не удастся определить вид птицы, можно приблизительно только оценить к какой группе она относится – к мелким воробьиным, дроздам, куликам, уткам или другим.

Существует еще несколько более сложных методов наблюдения за миграцией птиц – слежение с помощью радаров или специальное фотографирование их в луче света ночью. Однако эти методы тоже в большинстве случаев не дают возможности определить вид птицы, поэтому в последние десятилетия все чаще используется совершенно новый метод слежения за миграциями птиц с помощью долгодействующих спутниковых передатчиков с солнечной батареей и антенной, которые прикрепляются птице на спину или крестец.

К сожалению, эти передатчики пока можно устанавливать только на относительно крупных птиц – аистов, хищников, гусей, куликов и птиц размером с дрозда. Для более мелких воробьиных птиц такие долгодействующие датчики пока не созданы, из-за проблем с их питанием. Кроме того, спутниковые передатчики достаточно дороги сами по себе (например, стоимость передатчика для аиста около 2.5 тыс. долларов) и дорого оплачивается время использования спутников для слежения за птицей (более 2 тыс. долл. в год). Тем не менее, именно за спутниковыми передатчиками будущее, поскольку только они могут дать точную информацию о сроках и конкретном маршруте миграции отдельной особи на протяжении нескольких лет. В этом отношении показательны данные по спутниковому слежению за миграцией молодых белых аистов, выращенных на Куршской косе, и выпущенных на волю после того как взрослые аисты улетели из Калининградской области. Этот важный эксперимент был проведен сотрудниками биостанции «Рыбачий» во главе с Н.С. Чернецовым (2001). Эксперимент показал, что неопытные молодые аисты, выпущенные из вольеры в середине сентября, после того как практически все аисты улетают из района гнездования в Африку (к 1 сентября), существенно отклоняются от нормального юго-восточного пути миграции аистов из восточных популяций (через Турцию, Израиль и Египет) и летят через Европу в юго-западном направлении (через Польшу, Германию, Францию, Испанию). При этом они могут зазимовать в несвойственном для их популяции районе Северной Африки и вернуться весной в район рождения другим, нетрадиционным путем. С помощью одного лишь кольцевания, без спутникового слежения мы вряд ли бы узнали, что в отсутствие взрослых птиц молодые аисты могут принципиально изменить свой маршрут миграции и место зимовки.



Стали ли перелетные птицы прилетать весной раньше



Исходя из изложенной выше главной концепции, подавляющее большинство исследователей полагает, что перелетные птицы, в первую очередь дальние мигранты, из года в год начинают весеннюю миграцию примерно в сходные календарные даты (с отклонением не более 7 дней от средней многолетней даты), которые

генетически специфичны для каждого вида и популяции.

Тем не менее, в последние три десятилетия в разных странах Европы и в Северной Америке исследователями регистрируется значительно более ранний прилет птиц в районы гнездования по сравнению с предыдущими десятилетиями. Эта тенденция обнаружена у многих видов, которые мигрируют не только в пределах одного континента, но и между континентами (рис. 81). Правда, есть виды, но их значительно меньше, которые стали прилетать в последние десятилетия заметно позже. Большинство исследователей приходит к выводу, что главной причиной столь существенного изменения сроков весенней миграции является потепление климата в Северном полушарии.

Английские исследователи Т. Спаркс и П. Кари (1995) проанализировали данные по прилету деревенской ласточки и обыкновенной кукушки в Норфолк, начиная с 1736 г. Анализ показал, что за 200 с лишним лет (1736–1958 гг.) ласточки показывают положительный тренд в сроках прилета, а кукушки, наоборот, отрицательный. Тем не менее, у обоих видов выявлена сходная отрицательная связь даты прилета с весенней температурой воздуха. Это свидетельствует о том, что в XVIII в., по сравнению с XIX в., средняя температура воздуха в апреле, когда прилетают ласточки в Англию, была более высокой. И, наоборот, майская температура в Англии, когда прилетают кукушки, была более низкой в XVIII в. Однако когда английские ученые проанализировали данные по прилету птиц в Англию в пери-

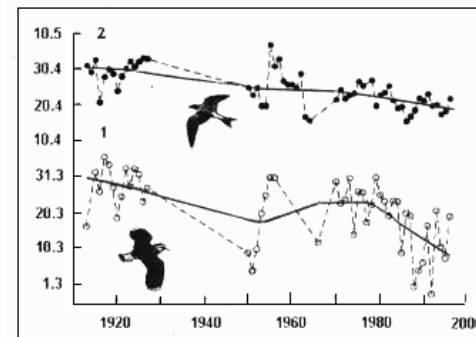


Рис. 81. Изменение сроков прилета ближних (1) и дальних (2) мигрантов в Польше в XX веке (цифры на вертикальной оси – дата первой встречи; по: P. Tryjanowski и др., 2002)

од с 1955 по 1996 гг., то выяснилось, что 54 из 56 исследованных видов, включая ласточек и кукушку, стали прилетать заметно раньше, то есть, весна в этой стране становится все более теплой.

Многолетний мониторинг сроков прилета воробьиных птиц (с 1957 по 2008 гг.) на Куршской косе Балтийского моря показал, что у большинства исследованных видов (более 20) за два последних десятилетия XX в. произошло значимое смещение весенней миграции на более ранние календарные даты. Для видов, зимующих не только в Европе, но и в Африке, максимальная разница между годами в сроках весенней миграции, судя по первым поимкам и по средней дате отлова, нередко составляет почти месяц. В целом в 80-е гг. и во второй половине 90-х гг. XX в. птицы прилетали на Балтику значительно раньше, чем в 70-е гг. (рис. 82).

Сходная тенденция к более раннему прилету птиц обнаружена и в других регионах Балтики – Финляндии, Карелии, Эстонии, Швеции, Литве. Однако не во всех регионах Европы выявлена значимая тенденция к более раннему прилету в последние десятилетия. Например, в горных районах Словакии деревенские ласточки в конце XX в. стали появляться весной позже, а не раньше, как это наблюдается в других странах Европы, поскольку там не отмечено повышения весенних температур воздуха.

Кроме того, при анализе тенденций в сроках прилета птиц необходимо учитывать не только сроки и дальность миграции вида,

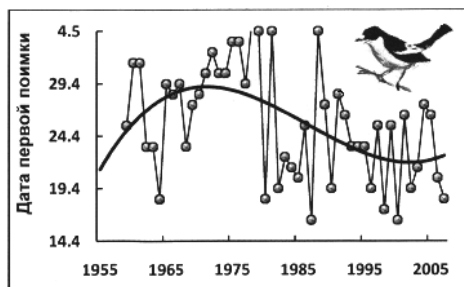
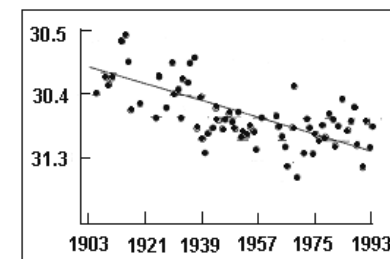


Рис. 82. Изменение сроков прилета мухоловки-пеструшки на Куршскую косу на протяжении 50 лет

но и за какой период времени рассматриваются данные и какова продолжительность этого периода. Например, если анализировать данные, собранные на Куршской косе за весь 50-летний период (1957–2008 гг.), то значимая тенденция к более раннему прилету будет выявлена лишь у отдельных видов, но если брать данные только за 30 лет (с 1970 по 2000 гг.), то у большинства видов будет обнаружена эта тенденция. Это связано с тем, что в 1960-е гг. птицы также как и в 1980-е гг. прилетали заметно раньше, чем в 1970-е гг. (рис. 82). С аналогичной проблемой столкнулись шведские исследователи, которые сравнивали сроки прилета одних и тех же ближних мигрантов в Швецию на остров Оттенби в Балтийском море за период 22–35 лет и в Германию (о. Гельголанд в Северном море) за период 32–41 года. Сравнительный анализ показал, что на о. Гельголанд большинство видов стало прилетать значительно раньше в последние десятилетия, в то время как на о. Оттенби этого не наблюдается. Такое несоответствие авторы объясняют тем, что анализировались разные по продолжительности периоды.

Американские исследователи проанализировали прилет 76 видов птиц, включая не только воробьиных, но и водоплавающих, куликов и хищников в штате Нью-Йорк на протяжении 90 лет (1903–1993 гг.). У 39 видов (51%) выявлен выраженный тренд к более раннему прилету (смещение составило в среднем 5.5 дней за 50 лет), 35 видов (46%) не показали какого-либо значимого смещения, и только у двух видов обнаружена тенденция к более позднему прилету (рис. 83).

Рис. 83. Многолетний тренд сроков прилета пурпурной ласточки в шт. Нью-Йорк (no: R.T. Oglesby, Ch.R. Smith, 1995)



Сравнительный анализ 40-летних (1961–2000) данных по прилету птиц в США (Пенсильвания) и Канаду (Онтарио), проведенный американским исследователем П. Маррой с коллегами (2004), показал, что хотя у большинства видов (у 27 из 32 в США и 21 из 31 в Канаде) наблюдается тенденция к более раннему прилету в последние десятилетия, только у четырех видов в США она была значимой. Авторы объясняют это тем, что в данном регионе в исследуемый период не наблюдалось повышения весенних температур воздуха. В Канаде в районе Онтарио А. Миллс (2005) обнаружил, что в период с 1975 по 2000 гг. только два из 13 (15%) исследованных видов показывают тенденцию к более раннему прилету.

Нами был проведен сравнительный анализ сроков весеннего прилета птиц с 1970 по 2000 гг. в семи регионах России – Калининградской области (Куршская коса), Карелии (заповедник «Кивач»), Архангельской обл. (Пинежский заповедник), на Полярном (Лабытнанги) и Южном Урале (Ильменский заповедник), в Северном Прибайкалье (Баргузинский заповедник) и Восточной Камчатке (Кроноцкий заповедник). Были выявлены значимые тенденции к более раннему прилету птиц на Куршской косе у 55% исследованных видов, в Карелии – у 24%, в Архангельской обл. – 5%, на Полярном – у 57% и Южном Урале – 8%, в Прибайкалье – 13% и у 33% видов на Камчатке (рис. 84).

Тенденции к более раннему прилету птиц наиболее сильно выражены в тех регионах России, где имело место значимое увеличение весенних температур воздуха в исследуемый период. Анализ многолетних метеоданных по всей территории России показал, что значимое повышение весенних температур воздуха в исследуемый

период отмечалось лишь в отдельных регионах России, в отличие от Западной Европы (рис. 85).

В Ильменском заповеднике у большинства из 16 исследованных нами видов наблюдались значительные межгодовые флуктуации

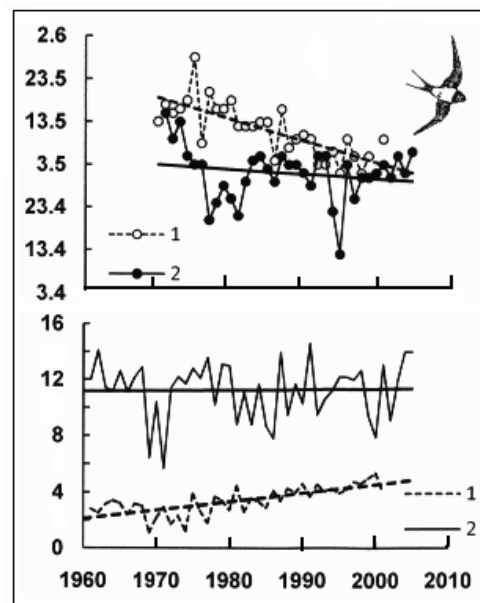


Рис. 84. Многолетний тренд сроков прилета ласточек и майской температуры воздуха в Баргузинском (1) и Ильменском (2) заповедниках (по: Л.В. Соколов, Н.С. Гордиенко, 2008; А.А. Ананин, Л.В. Соколов, 2009)

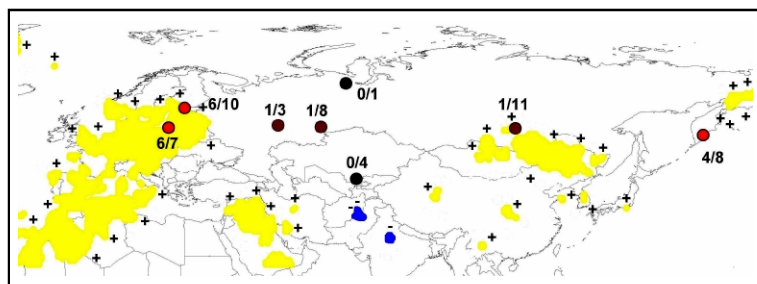


Рис. 85. Карта с указанием регионов, где наблюдалось значимое увеличение (+) апрельской температуры воздуха с 1970 по 2000 гг. (цифры в знаменатели – число исследованных видов, цифры в числителе – число видов, у которых выявлена значимая тенденция к более раннему прилету; по: Л. Sokolov, V. Kosarev, 2007)

в сроках прилета. Важно, что эти флуктуации, были сходными как у рано, так и у поздно прилетающих видов. Разница между самой ранней и поздней встречами птиц за весь период исследования у таких поздно мигрирующих видов, зимующих в Африке, как деревенская ласточка, восточный соловей, обыкновенная кукушка и черный стриж, составляла почти месяц, т.е. как и у рано прилетающих внутриконтинентальных мигрантов – грача и полевого жаворонка (см. рис. 84). Это интересно, поскольку обычно в Европе отмечается значительная разница в величине флуктуации сроков прилета у рано и поздно прилетающих видов. Как правило, в Европе степень флуктуации сроков прилета у рано прилетающих видов более высока, чем у поздно прилетающих. Это связано с тем, что температура воздуха в начале весны обычно подвержена более сильным колебаниям, чем в конце весны, когда мигрируют преимущественно дальние мигранты. В Ильменском заповеднике подекадные температуры воздуха имели сходную величину межгодовых колебаний с конца марта по конец мая. Мы полагаем, что именно поэтому не наблюдалось значимых различий в величине флуктуации сроков прилета птиц в Ильменский заповедник между рано и поздно прилетающими видами.

Анализ трендов сроков прилета 16 видов птиц в Ильменский заповедник показал, что только для двух видов (серебристой чайки и чибиса) характерна значимая тенденция к более раннему прилету и для одного вида (чирка-трескунка) – к более позднему. У остальных видов сроки прилета практически не изменились (см. рис. 84, 86). Эти данные находятся в явном противоречии с фактами, полученными исследователями в целом ряде стран Европы, где отмечается достоверно более ранний прилет многих видов в последние десятилетия даже у таких поздно мигрирующих птиц, как обыкновенная кукушка, черный стриж, городская ласточка, зеленая пересмешка и серая мухоловка.

Анализ трендов изменения весенних температур воздуха в Ильменском заповеднике позволил объяснить, почему прилет большинства видов птиц практически не изменился на протяжении трех десятилетий. Ни для одного из весенних месяцев в исследуемом регионе не было выявлено какого-либо значимого тренда в изменении среднемесячной или подекадной температуры воздуха (см. рис. 84,

86). И только для первых двух декад января и последней декады февраля выявлен значимый положительный тренд температуры воздуха, в то время как в последние десятилетия во многих странах Европы и в Северной Америке наблюдается существенное повышение не только зимних, но и весенних температур воздуха.

В Татарстане О.В. и И.В. Аскеевыми совместно с Т. Спарксом было показано (2007, 2009), что сроки прилета таких мигрантов как пеночки (теньковка, весничка и зеленая) и славки (черноголовая, серая, садовая и завирушка) либо практически не изменились за 50 лет (с 1957 по 2008 гг.), либо немного сместились на более ранние календарные даты, но в значительно меньшей степени, чем это наблюдалось в Западной Европе и на Куршской косе Балтийского моря. Такое слабовыраженное изменение сроков прилета у этих видов в Татарстане, видимо, объясняется тем, что ни в апреле, ни в мае, когда прилетают эти виды, не наблюдалось значимого повышения температур воздуха в данном регионе (как и в Ильменском заповеднике на Южном Урале). Однако исследователи обнаружили (2009) значительное смещение в сроках прилета в Татарстан у полевого жаворонка, прилетающего раньше всех (в марте). Начиная с 1979 г., жаворонки

стали прилетать все раньше и раньше (с рекордом в 2008 г. – первая встреча пришлась на 14 марта; в 1979 г. – на 14 апреля). Такой существенный сдвиг в сроках прилета ближнего мигранта авторы связывают с тем, что температура марта в Татарстане сильно возросла в последние два десятилетия (на 3.7°C), хотя на протяже-

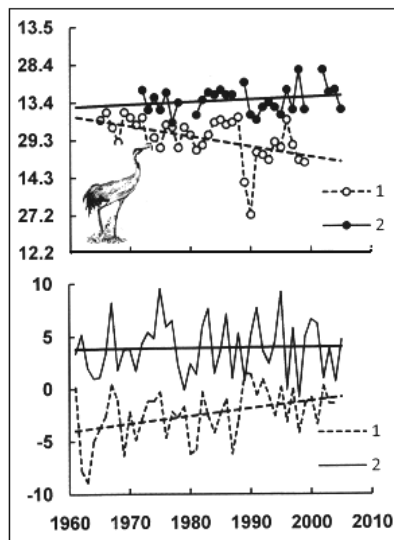


Рис. 86. Тренды сроков прилета серого журавля и весенней температуры воздуха в Финляндии (1) и на Южном Урале (2) (по: Е. Lehtikoinen, 2000; Л.В. Соколов, Н.С. Гордиенко, 2008)

нии почти 170 лет (1811–1979) ни сроки прилета жаворонков, ни средняя температура марта в данном регионе существенно не изменялись.

Орнитологи из Калуги сравнивали сроки прилета птиц в 1989–98 гг. и в конце XIX – начале XX вв. Они обнаружили, что сизая чайка теперь прилетает в их регион на три недели раньше; грачи, полевые жаворонки, скворцы, чибицы, серые цапли и стрижи – на две недели раньше; гуси, белые трясогузки, ласточки, соловьи – на неделю раньше, а серые журавли, кукушки и зяблики – на четыре дня раньше.

Данные по долговременным тенденциям изменения сроков прилета птиц в восточной части России более противоречивы. Так, например, по данным А.А. Ананина в Баргузинском заповеднике (Северо-Восточное Прибайкалье) некоторые виды птиц, преимущественно воробьиные, стали прилетать значимо раньше, другие (водоплавающие и хищные), наоборот, позже, а у целого ряда видов вообще не наблюдается каких-либо изменений в сроках прилета (см. рис. 84). Автор объясняет это тем, что реакции разных видов птиц на изменения климата могут существенно различаться.

Нами были проанализированы многолетние (с 1968 по 2005 гг.) данные по прилету птиц в Кроноцкий заповедник, находящийся в восточной части Камчатки. Всего в качестве авифенологических индикаторов было выбрано 15 видов птиц, относящихся к водоплавающим (свиязь, чирок-свистунок, широконоска, шилохвость, морская чернеть, гуменник), воробьиным (полевой жаворонек, белая и желтая трясогузки, китайская зеленушка, вьюрок, овсянка-ремез, соловей-красношейка) и кукушкам (обыкновенная и глухая). У большинства исследованных видов наблюдались значительные межгодовые флуктуации в сроках прилета птиц в исследуемый регион (рис. 87). Разница между самой ранней и поздней регистрацией птиц за весь период исследования, как у рано прилетающих водоплавающих (свиязь, чирок-свистунок, шилохвость), так и поздно прилетающих птиц (гуменник и широконоска) составляла почти месяц. У воробьиных – наиболее рано прилетающих полевого жаворонка и белой трясогузки – эта разница достигала 22–26 дней, у наиболее поздно прилетающих – желтой трясогузки, соловья-красношейки – 16–30 дней. У поздно мигрирующих кукушек (обыкновенная и глу-

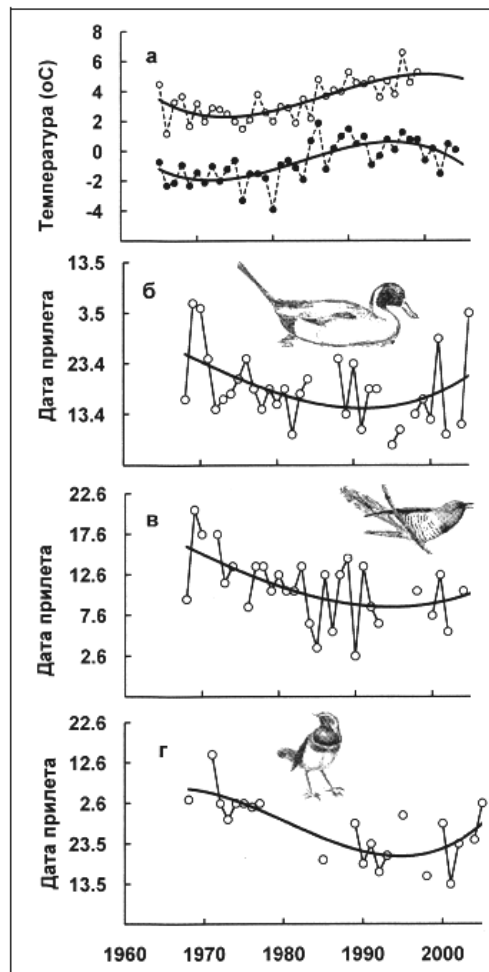


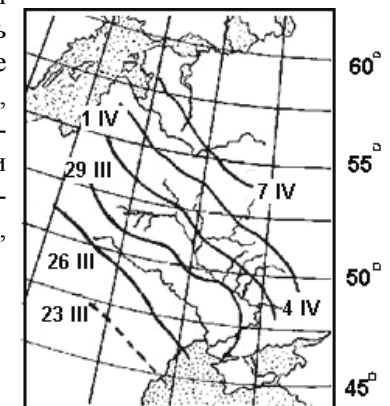
Рис. 87. Многолетние изменения весенней температуры воздуха и сроков прилета птиц на Камчатку: а – температура (апрель и май), б – шилохвость, в – глухая кукушка, г – соловей-красношейка (по: Л.В. Соколов и др., 2008)

хая) эта разница составляла 18–20 дней. Анализ долговременных трендов сроков прилета 15 видов птиц показал, что у 5 видов (связзь, чирок-свистунок, шилохвость, соловей-красношейка, глухая кукушка) имеет место значимая тенденция к более раннему прилету в период с 1969 по 2000 гг., у двух видов – гуменника и китайской зеленушки она близка к достоверной, у остальных видов нет какой-либо выраженной тенденции в изменении сроков прилета.

Что влияет на сроки весенней миграции птиц

О влиянии климата и погоды на миграции птиц писали еще исследователи, работавшие в XIX и в начале XX вв. – А.Ф. Миддендорф (1855), Ч. Диксон (1895), М.А. Мензбир (1904), Д.Н. Кайгородов (1911), Д.О. Святский (1926), М.Б. Ловейко (1929), А.Л. Томсон (1926) и др. В 20-40 гг. XX в., в период предыдущего сильного потепления климата в Северном полушарии рядом наблюдателей было отмечено, что разные виды птиц стали прилетать заметно раньше, чем в XIX в. Кайгородов (1911) отмечал, что весной перелетные птицы обычно появляются с приходом теплых воздушных масс, а холодный воздух, например из Арктики, наоборот, задерживает продвижение птиц к северу. По данным, полученным от своей корреспондентской сети, Кайгородов вычислял средние сроки прилета для территорий размером в 50° долготы на 2.5° широты. Дата вписывалась в геометрический центр этой зоны. Точки с одинаковыми датами соединялись линиями, которые получили название изохрон (рис. 88). Таким образом, были получены фенологические карты весенней миграции на территории Европейской части России для белого аиста, грача, краквы, кукушки, гусей и некоторых других птиц.

Рис. 88. Фенологическая карта сроков прилета белого аиста на территории Европейской части Российской Империи (по: Д.Н. Кайгородов, 1911)



Интересные сведения о влиянии погодных условий на сроки прилета птиц весной в Россию приводит М.А. Мензбир в своей известной книге «Птицы» (1904–1909): «Превосходным доказательством того, что перелет птиц обуславливается наличными обстоятельствами, а не предвидением или предчувствием будущего благополучия, являются обстоятельства весеннего возврата птиц в Россию в 1854 г. В этом году весна в центральной России наступила как и всегда, тем не менее, прилет птиц задержался почти на месяц... Оказалось, что птицы прилетели на северный берег Черного моря в свое время, но здесь их встретили возвратившиеся холода и снежные вьюги. Радде хорошо описал страдания и гибель, выпавшие от этих холодов на долю даже таких птиц, как утки, вообще выносливых к невзгодам нашего климата. Полоса возвратившейся зимы, преградившая путь птицам, была очень узка, в немного сотен верст шириною. Поднявшись на известную высоту, птицы без труда могли бы перенестись через это препятствие и попасть в благоприятные условия. Но птицы не знали этого и не могли принять никаких доступных им мер к спасению. Стая за стаей пробовала пускаться в путь, напрягала все свои усилия к борьбе с холодом и снежной бурей в низших слоях атмосферы, т.е. пытаясь лететь своею обычною дорогою, и кончала тем, что возвращалась в Крым, где было также холодно, также недоставало корма, но откуда птицы не могли улететь на юг, потому что не хватало сил перелететь через море».

На связь сроков прилета птиц с весенними температурами воздуха сейчас указывают многие исследователи в разных странах. Американский исследователь А.А. Саундерс проанализировал прилет птиц на протяжении 40 лет в шт. Коннектикут и пришел к выводу, что в годы с холодной весной птицы появляются позже, а с теплой – раньше. В России значимая отрицательная связь сроков миграции птиц с весенними температурами воздуха, преимущественно температурой апреля и мая была выявлена нами у многих видов, как ближних, так и дальних мигрантов (рис. 89). В годы с теплой весной птицы прибывали в район гнездования заметно раньше, чем в годы с холодной весной.

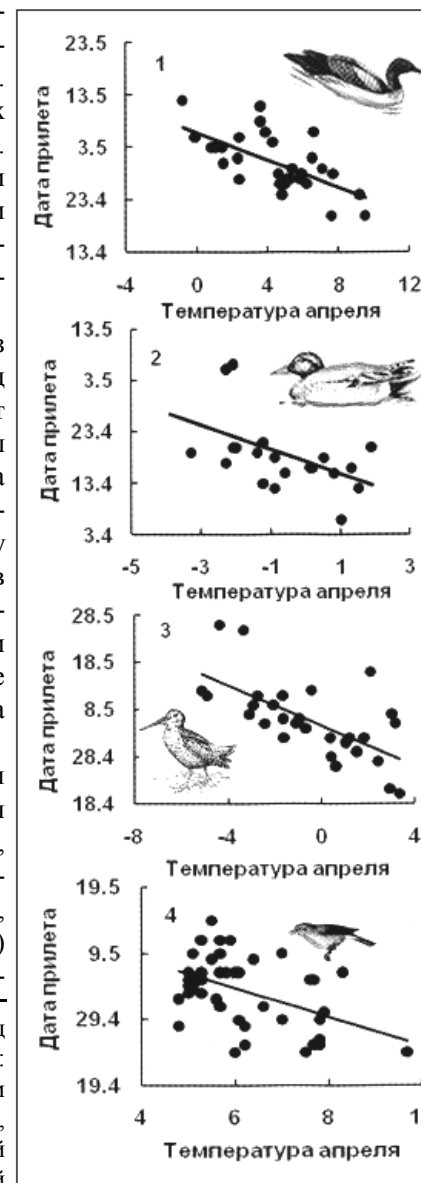
В последнее десятилетие был опубликован целый ряд работ, указывающих на наличие значимой отрицательной связи времени при-

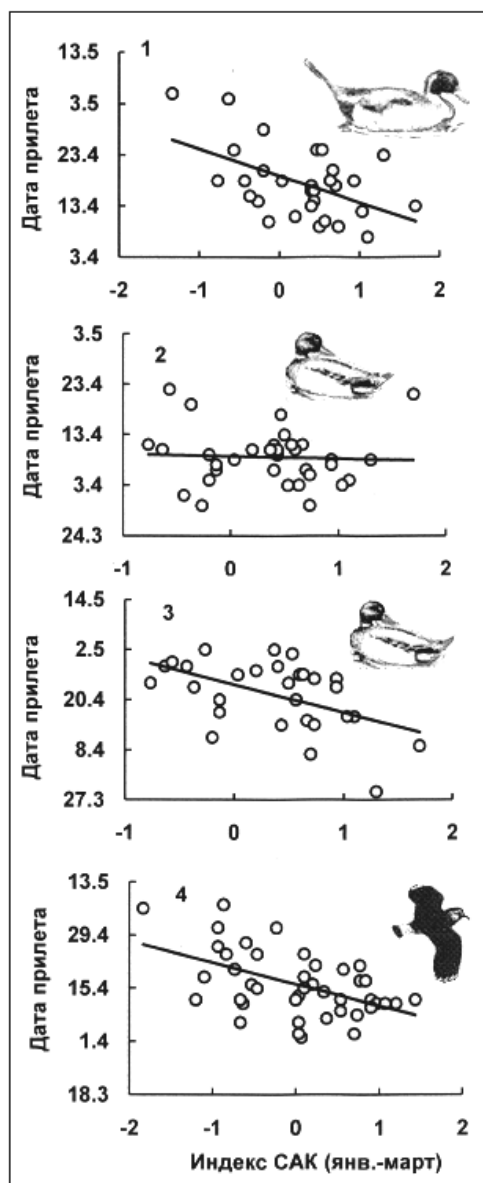
лета птиц в Европу с глобальным погодным индексом Северо-Атлантического Колебания. Однако не во всех регионах обнаруживается такая связь. Например, в Чехии (по данным З. Хубалека, 2003) и на Южном Урале такой связи у большинства перелетных птиц не выявлено.

Сравнительный анализ сроков весеннего прилета птиц в семи регионах России – от Балтики до Камчатки – выявил значимую связь сроков прилета птиц с зимне-весенним индексом САК на Куршской косе у 60% исследованных видов, в Карелии – у 39%, в Архангельской обл. – 42%, на Полярном Урале – 43%, на Южном Урале – 0%, в Прибайкалье – 60% и на Камчатке – 60% (рис. 90).

На Камчатке с индексом САК значимая отрицательная связь была выявлена у 9 видов, в основном, у рано прилетающих водоплавающих (свиязь, чирок-свистунок, шилохвость) и воробьиных (полевой жаворо-

Рис. 89. Связь сроков прилета птиц с весенней температурой воздуха: 1 – чернозобая гагара на Южном Урале, 2 – свиязь на Камчатке, 3 – вальдшнеп в Архангельской обл., 4 – серая славка на Куршской косе





нок). У двух поздно мигрирующих видов (желтая трясогузка, соловей-красношейка) эта связь была близка к значимой. С другими глобальными погодными индексами (Полярным, Восточной и Северной Пацифики) какой-либо значимой связи сроков прилета птиц выявлено не было. Интересно, что сроки прилета птиц на Камчатку зависят от атлантического индекса САК, а не от тихоокеанских индексов. Недавно японскими исследователями были опубликованы работы, показывающими сильную отрицательную связь толщины ледового покрова Охотского моря именно с индексом Северо-Атлантического Колебания. В годы с низким

Рис. 90. Связь сроков прилета птиц с глобальным климатическим индексом Северо-Атлантического Колебания: 1 – шилохвость на Камчатке, 2 – кряква на Южном Урале, 3 – кряква в Архангельской обл., 4 – чибис в Северном Прибайкалье

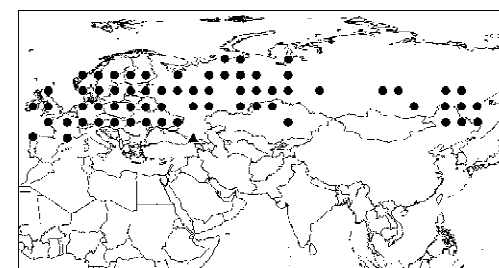
индексом САК толщина льда в Охотском море была значимо больше, нежели в годы с высоким индексом (М. Оgi и др., 2004).

В. Вильсон (2006) проанализировал связь даты прилета птиц и весенних температур воздуха на северо-востоке США (штат Мэн) с 1994 по 2005 гг. у 105 североамериканских видов. В целом у 60 (57%) видов выявлена умеренная связь сроков прилета птиц с климатическим индексом САК. Однако не всегда в холодные весны птицы прилетают поздно и, наоборот, не обязательно, что в теплую весну птицы прибудут в район гнездования раньше – считает автор. По данным П. Марра с коллегами (2004) в Пенсильвании (США) значимая связь сроков прилета и индекса САК проявилась только у 3 из 32 (9%) исследованных видов, а в Онтарио (Канада) вообще ни у одного из 31 видов. Хотя связь сроков прилета тех же видов с весенними температурами воздуха была намного более сильная – у 13 из 32 (41%) видов в Пенсильвании и у 17 из 31 (55%) вида в Онтарио.

Наш анализ связи сезонных температур воздуха в разных регионах Евразии с индексом САК показал, что значимая положительная связь имеет место для января, февраля, марта и некоторых других месяцев на огромной территории – от Европы до Урала и даже дальше к востоку (рис. 91). При высоком индексе САК наблюдаются более высокие температуры воздуха, наиболее это выражено для зимних месяцев (декабрь-февраль) и марта.

Связь сроков прилета птиц с глобальным погодным индексом САК была обнаружена не только у видов, зимующих в Европе, но и у дальних мигрантов, зимующих в Африке. Возникает вопрос, почему время прилета птиц значимо связано с индексом САК для зимнего периода, когда птицы, особенно дальние мигранты, еще находятся на зимовках. Чтобы в какой-то мере прояснить этот вопрос, мы

Рис. 91. Карта с указанием районов (черные кружки), где выявлена значимая положительная связь между глобальным погодным индексом САК и зимней температурой воздуха (по: L. V. Sokolov и др., 2003)



посчитали корреляцию сроков прилета птиц на Куршскую косу не только с объединенным за три месяца (январь-март) индексом САК, но и со значениями индекса отдельно для каждого месяца. Анализ показал, что январский индекс САК сильно связан не только с зимними температурами Балтийского региона, но и с температурой апреля, с которой сильно связаны сроки прилета птиц на Куршскую косу. Это может объяснять, почему исследователи выявляют связь между зимним индексом САК и сроками прилета птиц в Центральной и Северной Европе. В своей работе мы попробовали использовать индекс САК только за два месяца (февраль и март). Несмотря на это, у 16 видов, зимующих в Европе и Африке, все равно была выявлена аналогичная значимая связь сроков весенней миграции и индекса САК. Исходя из этого, можно предположить, что связь сроков прилета птиц с индексом САК все же не является случайной, а объясняется, например, тем, что в конце зимы и начале весны на рано мигрирующие виды может оказывать сильное влияние западный перенос воздушных масс, связанный с высоким индексом САК. Не исключено, что это может не только ускорять продвижение птиц по трассе, но и может стимулировать их к более раннему оставлению мест зимовок в Европе в годы с высокими температурами воздуха и, соответственно, высоким индексом САК. На сильную положительную связь между температурой марта и частотой западных и юго-западных ветров в Великобритании указывают многолетние данные многих станций наблюдения.

Изменились ли сроки отлета птиц с зимовок

До сих пор остается неясным, стимулирует ли повышение температуры воздуха весной непосредственно сам отлет птиц с европейских зимовок. Как показал наш анализ межгодовых флуктуаций среднемесячных весенних температур на юге Европы, они выражены достаточно сильно. Например, в последние 50 лет средняя температура марта колебалась в Испании (Барселона) в пределах 5.5–13.2°C, во Франции (Нанси) в пределах 1.9–8.8°C, а в Италии (Милан) – 5.5–11.4°C; в апреле, соответственно, в пределах 10.0–14.8°C,

6.6–12.0°C и 10.9–15.8°C. Как правило, весенние температуры воздуха сильно связаны друг с другом в разных странах Европы.

Испанские исследователи показали, что ежегодная температура воздуха в их районе исследования (северо-восточная Испания, Барселона) увеличилась на 1.4°C за период с 1952 по 2000 гг. В связи с этим раскрытие почек у ряда растений сдвинулось на более ранние календарные даты, в среднем на 16 дней (см. рис. 36). Например, дата начала цветения домашней яблони сильно связана с величиной мартовской температуры воздуха.

На Куршской косе у 17 перелетных видов птиц была выявлена значимая связь сроков прилета с весенней температурой воздуха в районе Барселоны. Кроме того, была обнаружена значимая положительная связь сроков прилета у 16 видов птиц на Куршскую косу со сроками начала цветения домашней яблони в том же районе Испании (рис. 92). И ближние, и дальние мигранты появлялись на Куршской косе раньше в годы с более высокой весенней температурой воздуха и более ранним цветением домашней яблони в районе Средиземноморья. Наличие значимой связи между сроками прилета птиц на Куршскую косу и весенней температурой воздуха в Испании свидетельствуют в пользу предположения о том, что птица, находящаяся в данном регионе на зимовке или на пролете с африканского континента, имеет возможность правильно оценить общую погодную и фенологическую ситуацию данной весной и в других более северных районах Европы, лежащих на пути их весенней миграции.

В принципе, птица, находящаяся в районе зимовки, по динамике среднесуточной температуры воздуха может получить информацию о том, идет ли потепление или похолодание атмосферы. Потепление может стимулировать ее к более раннему оставлению зимовки, похолодание, наоборот, тормозит отлет. В свое время американскими исследователями С. Кэнди и его коллегами (1960) на ночном мигранте (американской серощекой овсянке – беловенечной зонотрихии) было показано, что увеличение температуры воздуха в интервале от 5 до 26°C способствует более раннему началу ночного беспокойства у птиц в клетке, а низкая и очень высокая температуры, наоборот, подавляют миграционную активность. Но в данном случае речь идет о видах, зимующих в умеренной зоне, а не в Африке или

Южной Америке, где сезонная температура воздуха остается достаточно высокой на протяжении всего года. Например, в Кении, где зимуют многие наши виды, зимняя температура воздуха колебалась на протяжении всего XX в. в пределах всего одного градуса – от 25 до 26°C. Однако английским исследователем П.А. Коттоном (2003) были опубликованы данные, которые показывают, что средние зимние температуры в Африке на 20° с.ш. значительно возросли на 0.6°C в период с 1971 по 2000 гг.

Какого же рода информацию может использовать птица, зимующая в Африке, чтобы начать миграцию весной раньше обычных сроков. Теоретически можно было бы представить себе, что сроки прилета в настоящее время сдвигаются на более ранние календарные даты, поскольку птицы руководствуются информацией о том, что весенние условия в районе гнездования от года к году становятся все более благоприятными для раннего прилета. Это могло бы стимулировать их улетать с зимовок раньше в годы с теплыми веснами и позже – с холодными. Для определения момента старта с мест зимовок птицы могли бы использовать свои биологические часы с годовым ходом, при котором до начала следующей весенней миграции отсчитывается постоянное число суток от даты предыдущей миграции для взрослых птиц и от даты рождения для молодых: рано начали весеннюю миграцию или рано родились в этом году, рано начнут миграцию и в следующем. Однако наши расчеты показали, что число суток между датами прилета в два пос-

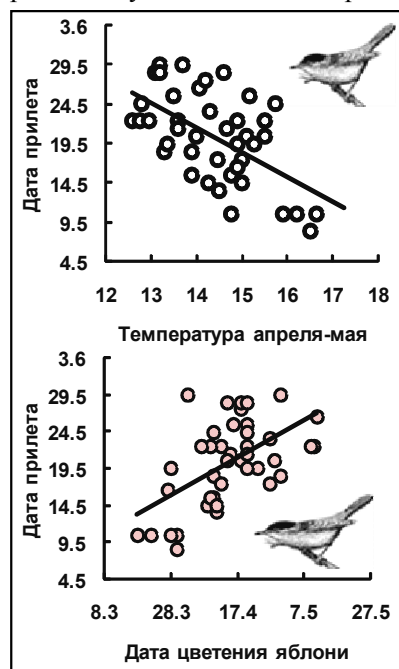


Рис. 92. Связь сроков прилета славки-черноголовки на Куршскую косу с весенней температурой и сроками цветения яблони в Барселоне (по: Л.В. Соколов, 2006)

ледовательные года или датой размножения и последующей весенней миграцией не остается постоянным, а значимо меняется. После лет с ранней миграцией или размножением проходит значимо больше суток до прилета в следующем году, чем после лет с поздней весенней миграцией. Это свидетельствует о том, что птицы, скорее всего, не руководствуются информацией прошлого года для начала отлета с зимовок, а начинают новый цикл ежегодных миграций как бы с «чистого листа», оценивая конкретную погодную и фенологическую ситуацию каждый год заново. Данное предположение кажется более вероятным, поскольку метеорологическая и фенологическая ситуация в районе гнездования от года к году меняется непредсказуемо, поэтому естественный отбор вряд ли мог бы привести к созданию у птиц специального механизма по запоминанию и использованию информации о погодной и фенологической ситуации прошедшего года.

Однако голландский исследователь Кристиаан Бот, обрабатывая данные весеннего отлова окольцованных в Европе мухоловок-пеструшек в Северной Африке, обнаружил, что птицы южных популяций (из Испании, Голландии и др.), родившиеся рано, значимо раньше мигрируют через Северную Африку, нежели поздно родившиеся особи (рис. 93). Причем эта зависимость сохранялась не только у годоводков, но и у птиц более позднего возраста. Для птиц из северных популяций (из Норвегии, Швеции, Финляндии) характерна обратная картина, т.е. рано родившиеся птицы мигрируют через Северную

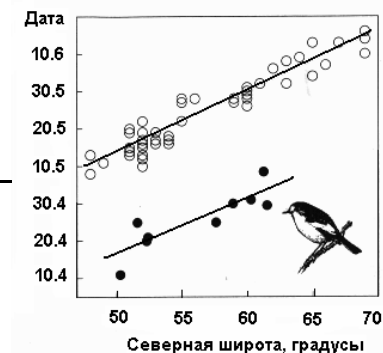
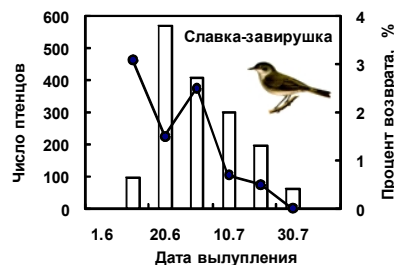
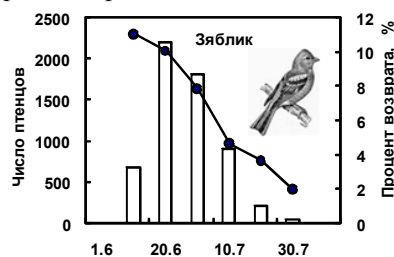


Рис. 93. Сроки откладки яиц (светлые кружки) и пролета через Северную Африку весной (темные кружки) мухоловок-пеструшек, гнездящихся в разных районах Европы (по: J.J. Sanz, 1997; C. Both, 2006)



Африку позже, чем особи из поздних выводков. Это кажется удивительным.

Сравнение сроков прилета мухоловок-пеструшек на Куршскую косу в зависимости от даты их появления на свет в некоторой степени подтвердило данные голландского исследователя, полученные им для южных популяций. Чем раньше появлялись на свет мухоловки-пеструшки в районе нашего исследования, тем раньше они прилетали весной и приступали к гнездованию, причем, не только в первый год своей жизни, но и в последующие годы. Таким образом, рано родившиеся птицы имеют преимущество перед поздно родившимися особями в отношении сроков прилета. На такую возможность указывал еще Г.Н. Лихачев, исследующий мухоловку-пеструшку в Приокско-Тerrasном заповеднике. В одной из своих статей (1978) он писал, что непрерывный рост числа гнездящихся самок в годы с ранней весной определяется не только хорошими погодными условиями, но и тем, что птенцы из наиболее ранних выводков на следующую весну, в основной массе бывают более «возмужалыми», чем из поздних выводков, и способны приступить к гнездованию в более ранние сроки. По его мнению, непрерывный рост числа гнездящихся



птиц с 5 по 13 мая с 1966 по 1969 гг. в заповеднике мог произойти благодаря тому, что в предыдущие весны все время возрастала масса молодых особей из ранних выводков, т.е. в природе имелись запасы птиц способных наиболее полно использовать сложившуюся благоприятную погодную остановку.

Ранее мною было показано, что птицы из ранних выводков у

Рис. 94. Возвращаемость птиц в район рождения в зависимости от даты их вылупления на Куршской косе (вертикальная ось слева – число окольцованных птенцов; по: Л.В. Соколов, 1991)

ряда видов, включая мухоловку-пеструшку, значимо лучше возвращаются в последующие годы в район своего рождения, чем поздно родившиеся особи (рис. 94).

Таким образом, птицы, родившиеся в годы с ранней весной, могут в целом прилетать в район гнездования раньше, чем, родившиеся в «поздние годы». Это может приводить к тому, что даже в случае наступления очередных холодных и поздних весен, после периода ранних, определенная часть птиц будет стремиться вернуться с зимовок значительно раньше, чем это позволяет текущая погодная ситуация в районе гнездования. Насколько характерна такая картина для других видов воробьиных птиц, покажет дальнейшее исследование выявленного феномена – зависимости сроков весенней миграции от даты рождения птицы.

Другое предположение о том, что значительное смещение (в среднем на 20 дней) сроков прилета большинства видов воробьиных птиц в последние два десятилетия на более ранние даты есть прямое следствие естественного отбора, выглядит маловероятным. Расчеты некоторых исследователей, занимающихся экспериментальным изучением наследования различных элементов миграционного поведения у птиц, показывают, что для того чтобы в популяции генетически закрепился временной сдвиг, чтобы, например, начало осенней миграционной активности у птиц произошло на 1 неделю позже, при условии элиминации в каждой генерации 10% наиболее рано отлетающих особей, потребуется целых 9 поколений, т.е. лет, а сдвиг на 3 недели потребует, соответственно, около 30 поколений. Полевые же данные свидетельствуют о том, что сроки прилета птиц даже в соседние годы могут различаться на 14 дней и больше (см. рис. 82).

В недавно проведенном нами исследовании, мы высказали предположение, что на сроки начала весенней миграции птиц, зимующих в Африке, может влиять уровень осадков в местах их зимовки. В северной половине Африки вплоть до экватора в последние два десятилетия наблюдается существенное снижение уровня осадков в период с января по март, когда там находятся многие мигранты из Европы (рис. 95). У 5 из 8 исследованных дальних мигрантов нами была выявлена значимая связь между сроками прилета их на Куршскую косу и уровнем осадков в Африке на широтах 2.5–7.5° к северу

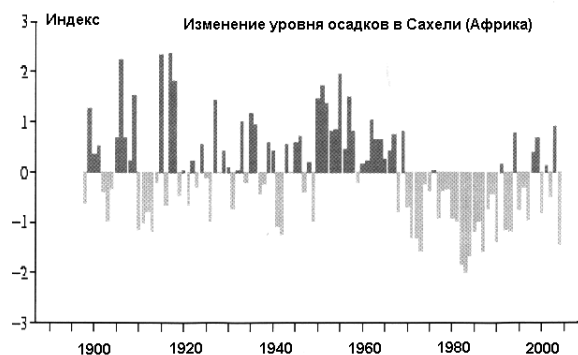


Рис. 95. Изменение среднего уровня осадков в Сахеле (Северная Африка) (вертикальная ось – стандартизированный индекс JJASO 2005)

от экватора, где эти виды нередко зимуют или останавливаются во время весенней миграции. В годы с низким уровнем осадков в феврале на этих широтах дальние мигранты оказываются на Куршской косе раньше, чем в годы с более высоким уровнем осадков. Хотя мы и не имеем прямых доказательств в пользу предположения, что уровень осадков в Северной Африке повлиял на сроки отлета некоторых дальних мигрантов с мест зимовок, вполне возможно, что в последние два десятилетия перелетные воробьиные птицы, действительно, стали покидать африканский континент заметно раньше, чем в 70-е гг. прошлого века. В пользу этого предположения свидетельствуют израильские данные о существовании значительных (до месяца) межгодовых флуктуаций в сроках весенней миграции воробьиных птиц через Эйлат (Южный Израиль), который располагается на границе с Египтом (рис. 96).

Поскольку перелетные птицы достигают весной Израйля в одни годы рано, а в другие значительно позже, то значит и Сахару они пересекают в разные годы в сильно различающиеся календарные даты. Можно предположить, что в очень засушливые годы, которые в Северной Африке в основном пришлись на 80-е и 90-е гг. прошлого века (рис. 95), дальние мигранты столкнулись зимой и ранней весной с существенной нехваткой растительной и животной пищи. Это могло заставить их в эти годы раньше обычного покидать места зимовок и мигрировать в Европу, где в этот период как раз наблюдались наи-

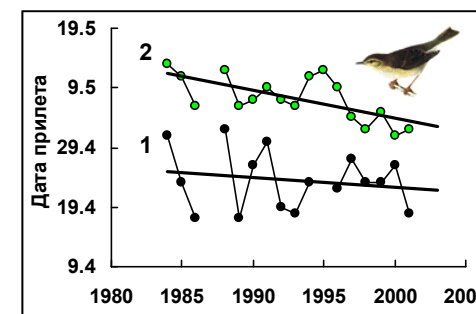


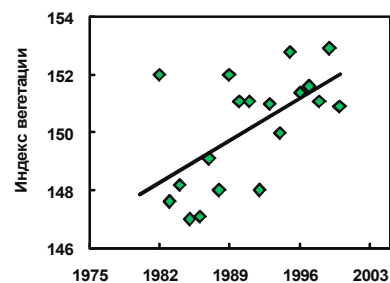
Рис. 96. Сроки прилета пеночек-весничек в Эйлат (1) и на Куршскую косу (2)

более благоприятные кормовые условия для птиц из-за потепления в Средиземноморье. Известный шведский исследователь К. Карри-Линдал писал в одной из своих книг, изданной в нашей стране под названием «Птицы над сушей и морем» (1984), что жестокие засухи, продолжавшиеся несколько лет в Африке к югу от Сахары либо вынуждают птиц, в первую очередь водоплавающих, покидать обычные места зимовок, либо приводят к массовой гибели их. Например, зимой 1972–73 г. засуха достигла своей кульминации на огромной территории – от Мавритании и Сенегала на западе до Эфиопии на востоке. Уровень оз. Чад понизился на 2 м. Крупнейшее в Мавритании оз. Ркиз в сентябре полностью пересохло, в этом районе дождь выпал только спустя год. Полностью высохли обширные болота. Те европейские птицы, которые остались зимовать в этих районах, главным образом утки, погибли от голода или были настолько истощены, что не смогли совершить весенний перелет в нормальные сроки и еще в июне находились в Сенегале.

Английский исследователь П.А. Коттон (2003) выявил сильную отрицательную связь между сроками прилета дальних мигрантов в район Оксфорда и средними зимними температурными аномалиями в Африке на 20° с.ш. в период с 1971 по 2000 гг. На основании полученных данных автор пришел к выводу, что сроки прилета дальних мигрантов в Европу, видимо, в первую очередь зависят от кормовых условий в Африке и времени отлета их с мест зимовки, а не от погодных условий в Европе. На зависимость сроков начала весенней миграции американской горихвостки непосредственно от кормовых

условий в местах зимовки (в мангровых зарослях) и физического состояния птиц (уровня жировых резервов) указывает и П. Марра с коллегами (1998). Чем в лучшем (в кормовом отношении) районе зимовали птицы, тем быстрее они набирали необходимый для миграции жир и раньше, по-видимому, покидали места зимовки, поскольку достигли района гнездования ранее обычного.

Слежение за возвращением деревенских ласточек весной в гнездовые колонии в Италии показало, что дата прилета взрослых птиц (кроме первогодков) была значительно раньше в годы, когда в районе их зимовки (в районе Гвинейского залива в Африке) наблюдалась благоприятная в кормовом отношении ситуация. Кормовая ситуация в районе зимовки оценивалась по специальному индексу вегетации растений (INDV). Этот индекс вычисляется по цветным фотографиям растительности, сделанными со спутников. Индекс начал применяться с 1980 г. для большей части нашей планеты, с 1982 г. практически для всей Африки. В период с 1982 по 2000 гг. индекс имел явную тенденцию к увеличению, в первую очередь в северной части Сахеля (рис. 97). Индекс отражает уровень развития растительности в разных частях мира. Высокий показатель этого индекса указывает на наличие сильной степени вегетации растений, вызванной повышенным уровнем осадков. Считается, что при высоком индексе вегетации наблюдается повышенное обилие насекомых, служащих пищей для многих видов птиц. Предполагается, что в годы с низкой вегетацией в районе зимовки птицы хуже питаются из-за низкой численности насекомых, медленнее сменяют перо (линяют), в результате чего откладывают весенний отлет на более поздние сроки. Таким образом, исследователи считают, что экологические условия на



зимовках у транс-сахарских мигрантов могут влиять не только на сроки весенних миграций, но и на продуктивность гнездовых популяций птиц в Европе (подробнее – см. главу 4).

Рис. 97. Изменение уровня вегетации растительности в Сахеле (по: C. Both и др., 2005)

На зависимость сроков начала весенней миграции белых аистов от метеорологических условий на местах зимовки указывают и данные спутниковой телеметрии, собранные немецкими орнитологами. У 22 взрослых аистов на протяжении 6 лет (начиная с 1992 г.) точно было определено на местах зимовки в Африке время начала весенних перемещений в направлении Европы. Мы обработали эти данные и выяснили, что средняя дата начала миграции приходилась на 20 февраля, однако в 1997 г. птицы начали миграцию значительно позднее – 20 марта (рис. 98). В этот год в феврале было отмечено похолодание на огромной территории – от Черного и Каспийского морей до побережья Гвинейского залива, оно охватило всю Восточную Африку и районы южного Сахеля. Это, по-видимому, ухудшило кормовые условия для аистов, в результате чего они задержали свой отлет с мест зимовки. Кроме того, более сильные по сравнению со средними значениями северные ветра сместили Внутритропическую Зону Конвергенции к югу, что привело к значительному сокращению количества осадков в районе Сахеля, через который аисты летят, направляясь весной в Европу. Таким образом, можно предположить, что время начала весенней миграции у белых аистов в значительной мере зависит от погодных условий в местах зимовки в Африке и может ежегодно существенно изменяться (на срок до 1 месяца), что противоречит общей концепции регуляции начала весеннего миграционного состояния у птиц (см. начало главы 3).

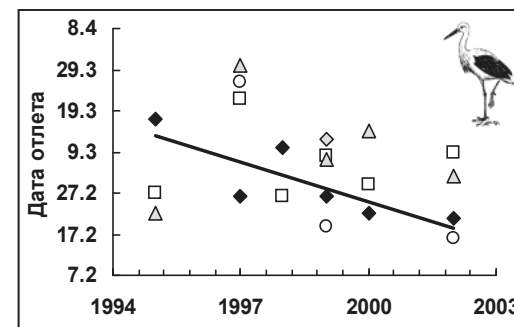


Рис. 98. Сроки отлета белых аистов, помеченных спутниковыми передатчиками, с районов зимовки в Африке (каждый значок – отдельный аист; по: M. Kaatz, 2004; V. Kosarev, L. V. Sokolov, 2007)

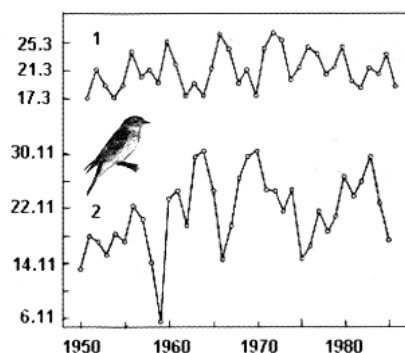


Рис. 99. Сроки отлета (1) и прилета (2) серой мухоловки в Южной Африке (по: О.В. Кок и др., 1991)

К сожалению, других прямых долговременных наблюдений за сроками отлета птиц с мест зимовок в Африке или Центральной и Южной Америке практически нет. Исключением является работа О. Кока с коллегами, в которой приводятся данные визуального

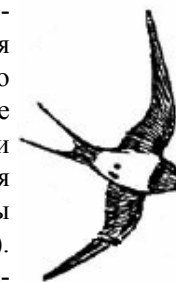
наблюдения за прилетом и отлетом серой мухоловки в центральной части Оранжевого штата (29° 07' ю.ш. и 26° 13' в.д.) в ЮАР на протяжении 36 лет (рис. 99). Сроки прилета сильно менялись от года к году (от 5 до 30 ноября), но в среднем в 50-е гг. птицы прилетали раньше (5–22 ноября), чем в последующие (14–30 ноября). Сроки отлета имели заметно меньшие межгодовые колебания (17–27 марта). На основании проведенного пошагового регрессионного анализа авторы пришли к выводу, что наиболее важным фактором, определяющим сроки отлета птиц с места зимовки, является длина светового дня. Другие внешние факторы, такие как минимальная, максимальная и среднесуточная температуры воздуха, уровень осадков и скорость ветра, значимо не влияли на сроки отлета птиц. К сожалению, по другим дальним мигрантам, зимующим в самых разных районах Африки или Центральной и Южной Америки, аналогичного рода многолетних данных обнаружить не удастся, поэтому наиболее интересный вопрос, касающийся изменения сроков отлета птиц с мест зимовок в связи с глобальным потеплением климата, остается открытым.

Увеличилась ли скорость весенней миграции птиц?

Не исключено, что в последние десятилетия изменились не столько сроки отлета птиц непосредственно с африканских зимовок, сколько ускорились темпы весеннего пролета птиц через этот континент, в связи с существенными изменениями экологической обстановки в Африке. Возможно, птицы теперь быстрее, чем они это дела-

ли раньше проходят засушливые зоны, в первую очередь в северной части Африки. Это подтверждается некоторыми исследованиями. Так У. Оттосоном и его коллегами (2002) было показано, что мигрирующие серые славки со значительными жировыми запасами попадали в паутинные сети в районе Сахеля (Нигерия, оз. Чад) в 2000 г. в более ранние даты (1–5 апреля), чем в конце 1960-х гг. (25–30 апреля).

Вообще, в последние годы все чаще появляются сведения о том, что палеарктические мигранты, например птицы семейства славковые, не держатся постоянно в одном районе Африки, а, наоборот, неоднократно меняют районы обитания на протяжении зимы. В зависимости от времени наступления сезона дождей одни и те же птицы могут зимовать то в одном районе Африки, то в другом, нередко расположенном в сотнях километрах от первого. Известно, что весной перелетные птицы мигрируют через африканский континент быстрее, чем осенью. В целом путешествие от Южной Африки до гнездовых районов занимает около 6 недель, тогда как осенью у тех же видов уходит около 8 недель на перелет из Европы на юг Африки. Большинство мигрантов, проходящих через Восточную Африку, обычно останавливаются для отдыха на 1–2 дня, но если на их пути встречаются богатые кормом районы, то они задерживаются в них заметно дольше. В Кении обильные дожди начинаются в середине или конце марта. Однако центральная и восточная части Кении могут оставаться сухими до начала апреля. В такие годы большинство зимующих мигрантов покидают эти районы в поисках более благоприятных мест для запаса жира. Наиболее благоприятным районом для накопления жировых резервов перед продолжительным броском через Сахару является Эфиопия, где сезон дождей начинается в апреле. Не исключено, что именно в этом регионе, в зависимости от времени наступления там сезона дождей и продолжительности остановки птиц для жиронакопления, в первую очередь задаются весенние сроки пролета многих видов птиц через Сахару и прилета их в район Средиземноморья. Наш анализ многолетних данных по уровню осадков в Эфиопии и Судане показал, что в 70-е гг. XX в., когда птицы прилетали в Балтийский регион наиболее поздно,



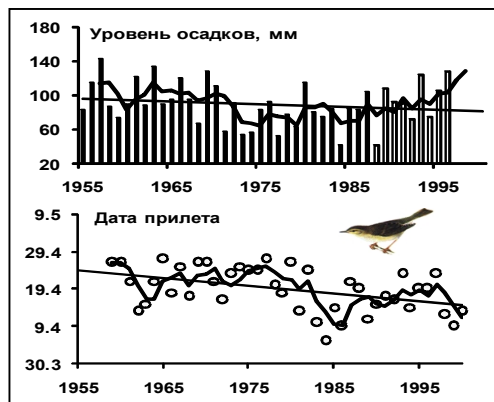


Рис. 100. Изменение уровня осадков в Эфиопии в марте-апреле и сроков прилета пеночек-весничек на Куршскую косу (по: Л.В. Соколов, 2006)

в марте и апреле осадков выпадало заметно меньше, чем в 60-е и 80-90-е гг., когда наблюдался наиболее ранний прилет воробьиных в Европу (рис. 100).

Возможно, что в 1970-е гг. палеарктические мигранты вынуждены были дольше задерживаться в районе Эфиопии и Судана, чтобы накопить необходимое количество жира для броска через Сахару и пустыни Саудовской Аравии, что и обусловило их поздний прилет в Европу. В пользу такого предположения говорит выявленная нами значимая отрицательная зависимость уровня осадков в некоторых странах Восточной Африки и сроков появления дальних мигрантов весной на Куршской косе Балтийского моря. Однако необходимо провести более детальное исследование связи сроков прилета птиц в Европу с уровнем осадков и временем наступления сезона дождей в этой части Африки. Это объяснит феномен значительного смещения сроков прилета дальних мигрантов в Европу в последние десятилетия XX в.

В одной из датских популяций деревенской ласточки недавно было выявлено, что сроки прилета птиц весной в сильной степени зависят от уровня вегетации растительности в Алжире, через который они мигрируют. Чем выше индекс вегетации, а, следовательно, больше растительного и животного корма, тем позже прилетают пти-

цы в Данию. Эти неожиданные данные авторы исследования объясняют тем, что в годы с высокой вегетацией, а, следовательно, и большим количеством насекомых в Северной Африке ласточки лучше выживают, в результате увеличивается доля поздно прилетающих птиц с «плохим» фенотипом. Таким образом, экологические условия в районе зимовки и на трассе миграции птиц могут оказывать существенное влияние как на сроки, так и на темп весенней миграции.

Гнездятся ли теперь птицы раньше

Установить долговременные изменения в сроках гнездования птиц сложнее, чем в сроках прилета. Обычно они определяются либо по дате откладки первого яйца, либо по срокам появления на свет (вылупления) птенцов. При этом, чтобы выявить долговременные тенденции в изменении сроков гнездования той или иной популяции птиц, необходимо ежегодно искать гнезда в стандартные сроки и в сходных биотопах. Для получения репрезентативных данных нужно собирать материал десятилетиями, а это достаточно трудно.



Есть другой способ получения таких данных – это регулярный отлов молодых птиц в гнездовой период либо стационарными ловушками, либо паутинными сетями в одном месте на протяжении длительного времени. Нами было показано на ряде воробьиных видов, что по дате первых поимок молодых птиц можно достаточно объективно судить о сроках гнездования локальной популяции.

В настоящее время многими исследователями обнаружено существенное смещение сроков гнездования птиц на более ранние календарные даты в последние три десятилетия. В специальной обзорной статье Камиллы Пармесан (2006) указывается, что у 78 из 168 исследованных европейских видов (включая перелетных и оседлых птиц) выявлено смещение сроков гнездования на более ранние даты в последние десятилетия и только у 14 видов выявлено более

позднее гнездование. Английские исследователи выяснили, что у 20 британских видов сроки откладки яиц за 25 лет сдвинулись на более ранние даты – в среднем на 9 дней. Такое смещение сроков гнездования птиц на более ранние даты большинство исследователей связывает с явлением современного потепления климата в Северном полушарии (рис. 101).

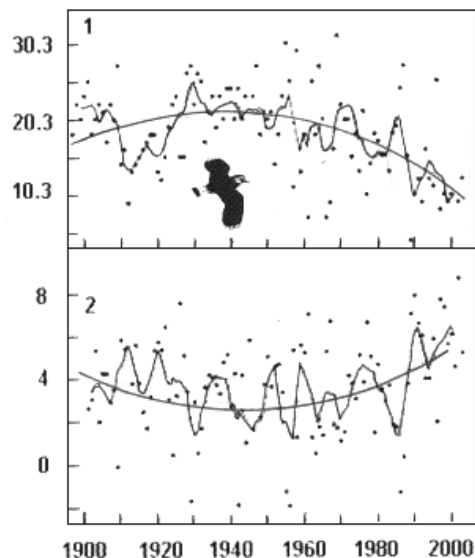
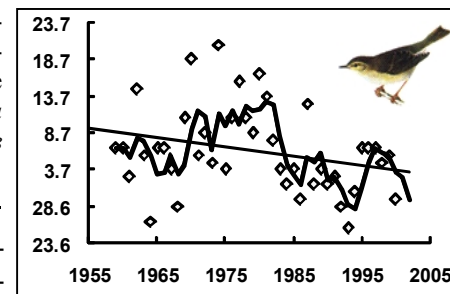


Рис. 101. Многолетние изменения даты откладки яиц чибисами (1) и температуры воздуха в период с 16 февраля по 15 марта (2) в Нидерландах (по: C. Both и др., 2005)

Данные многолетнего исследования времени гнездования воробьиных птиц на Куршской косе также свидетельствуют о том, что у целого ряда видов сроки гнездования претерпели существенное изменение. В большинстве случаев в 60-е и 80-е гг. XX в. птицы гнездились раньше (судя по срокам поимки молодых особей в послегнездовой период), чем в 70-е гг. (рис. 102). У 10 из 15 исследованных видов была выявлена значимая положительная связь между сроками гнездования и датой прилета птиц на Куршскую косу. В годы с ранними

Рис. 102. Многолетние изменения сроков гнездования пеночки-веснички на Куршской косе (по вертикальной оси – дата первой поимки молодой птицы в стационарные ловушки)

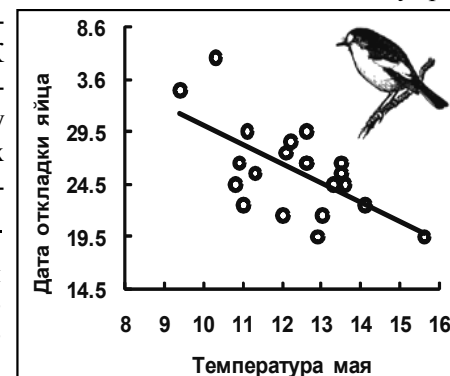


сроками миграции гнездование также происходило в более ранние календарные даты.

Такая связь была свойственна видам, зимующим как в Европе, так и в Африке. Однако было обнаружено, что число дней между датой весенней миграции и датой первого отлова молодой птицы в послегнездовой период не остается постоянным, а зависит от сроков миграции. После периодов поздней весенней миграции проходит значительно меньшее число суток до отлова молодых птиц, чем после периодов с ранней весенней миграцией. Это было характерно для большинства исследованных видов, независимо от того, где они зимуют – в Европе или Африке.

У всех исследованных видов, за исключением певчего дрозда, была выявлена достоверная обратная зависимость сроков гнездования птиц с весенними температурами воздуха, преимущественно температурой апреля и мая (рис. 103). В годы с теплой весной птицы гнездились на Куршской косе значительно раньше, чем в годы с холодной весной. У 8 видов сходная связь была выявлена между сроками гнездования и глобальным погодным индексом САК за февраль-март. Эта связь также была обнаружена как у внутриконтинентальных (ближних), так и межконтинентальных.

Рис. 103. Связь сроков откладки первого яйца с весенней температурой воздуха у мухоловки-пеструшки на Куршской косе

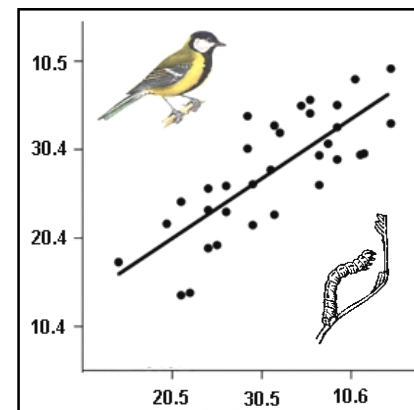


ментальных (дальних) мигрантов. Высокая температура весной способствует не только более раннему прилету птиц в район гнездования, но и более раннему началу откладки ими яиц и, соответственно, более ранним срокам вылупления птенцов. В этом отношении наиболее показательным является 2000 г. с самой высокой за последние 50 лет в Балтийском регионе средней температурой апреля (9.7°C). В этот год наблюдалось самое раннее гнездование на Куршской косе за весь исследуемый нами период не только у видов, зимующих в Европе, но и у дальних мигрантов, в частности мухоловки-пеструшки. Первые яйца были отложены некоторыми самками уже 10 мая, а первые птенцы вылупились в конце мая, а не в начале июня, как это отмечалось прежде в самые ранние годы. Медианная дата откладки первого яйца у мухоловки-пеструшки на Куршской косе за последние 23 года (1982–2004 гг.) колебалась в пределах 17 суток: от 19 мая (2000 г.) до 5 июня (1987 г.). Даты поимки весной первых мухоловок на Куршской косе за тот же период имели сходные колебания – в пределах 18 суток: от 19 апреля (2000 г.) до 4 мая (1988 г.).

Сравнительный анализ межгодовых вариаций средней даты начала кладки у мухоловки-пеструшки в 23 популяциях Европы, от Испании до северной Финляндии (включая наши данные по Куршской косе), показал высокую степень синхронности в сроках гнездования у большинства соседних популяций. Ранее мы уже отмечали, что сроки весенней миграции у воробьиных птиц могут ежегодно колебаться синхронно в разных популяциях. В северных регионах (Норвегия, Швеция, Финляндия, Карелия), где в последние два десятилетия наблюдалось снижение температур воздуха в период откладки яиц, имелась тенденция к более позднему гнездованию. В то время как в более южных популяциях (Германия, Нидерланды, Швейцария, Испания), наоборот, наблюдалась заметная тенденция к более раннему гнездованию мухоловок, поскольку весенние температуры в этих регионах сильно выросли в последние десятилетия.

Голландскими исследователями М. Висером и К. Ботом на оседлом виде (большой синице) и на дальнем мигранте (мухоловке-пеструшке) был обнаружен так называемый «эффект асинхронности», когда массовое появление гусениц бабочек (основного корма птиц в исследуемом регионе) сдвигается на слишком ранние даты по отно-

Рис. 104. Связь между сроками откладки яиц большой синицей и сроком достижения максимума биомассы гусениц зимней пяденицы за последние 33 года (вертикальная ось – средняя дата откладки яиц птицами, горизонтальная – дата максимальной численности гусениц; по: M.E. Visser & C. Both, 2005)



шению к средней дате вылупления у этих видов птенцов (рис. 104). Исследователи предполагают, что в Нидерландах потепление климата оказало более сильное влияние на время появления гусениц бабочек, нежели на сроки размножения птиц. Это, по мнению ученых, приводит к снижению успешности выкармливания птенцов из-за нехватки основного вида насекомых (гусениц зимней пяденицы), а, соответственно, к уменьшению числа молодых птиц в популяции и сокращению численности популяций в целом. Именно с этим, исследователи связывают сокращение численности многих видов птиц в Нидерландах. Английские исследователи тоже приходят к выводу, что снижение репродуктивности у 14 из 26 видов в Британии и Ирландии связано с увеличением температуры воздуха в период откладки яиц, которое приводит к эффекту асинхронности между насекомыми и птицами, описанному выше.

Американские ученые исследовали начало инкубации яиц у древесной ласточки в двух частях ареала – в штате Теннесси и на Аляске. Они обнаружили, что чем выше дневные температуры воздуха в период откладки яиц, тем раньше начинается инкубация. В обоих регионах теплая погода приводила к сокращению инкубационного периода. В тоже время не было выявлено влияния на начало инкубационного периода ни времени гнездования, ни состояния (кондиции) самок, ни размера кладки.

Интересно, что влияние изменения температуры и уровня осадков на сроки гнездования птиц обнаруживается даже на южном кон-

тиненте – в Австралии. Так, у австралийской сороки изменение климата в последние 30 лет сдвинуло сроки гнездования на три недели. Причем австралийские птицы, в отличие от птиц Северного полушария, гнездились раньше в годы с холодной и мокрой погодой.

Несмотря на то, что общепринятой является концепция об определяющем влиянии фотопериода на сроки развития гонад и, соответственно, сроки размножения у подавляющего большинства видов птиц, время от времени появляются экспериментальные работы, свидетельствующие о существенном влиянии температурного фактора на скорость развития гонад и сроки размножения птиц. Более того, известным шведским ученым Б. Сильверином (1995) были выявлены популяционные различия в чувствительности к весенней температуре воздуха у большой синицы. Южные популяции оказались более чувствительными к низкой температуре, чем северные. При температуре $+4^{\circ}\text{C}$ гонады у итальянских синиц развивались на 3–4 недели дольше, чем при $+20^{\circ}\text{C}$, в то время как у шведских синиц различий в скорости развития гонад при этих температурах не наблюдалось. Таким образом, не только фотопериод, но и температурный фактор может оказывать заметное влияние на скорость развития гонад и сроки гнездования птиц.

Как изменились сроки осенней миграции у птиц



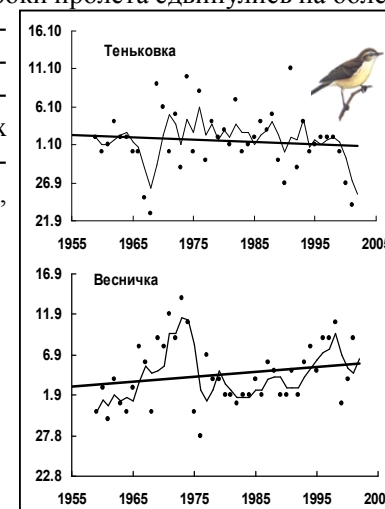
Получить корректные данные о начале осенней миграции птиц еще сложнее, чем о сроках гнездования. Проследить за улетающей на юг местной птицей практически невозможно, если она предварительно не была помечена радиопередатчиком. Доступным методом пока остается только ежегодный отлов птиц летом и осенью с

помощью стационарных ловушек или паутинных сетей. О начале миграции местных птиц можно судить по дате их последней поимки, при этом необходимо, чтобы птицы были предварительно окольцованы,

чтобы можно было отличить их от транзитных особей. Ежегодные сроки пролета вида через исследуемый район можно оценить по средней или медианной дате миграции всех особей, пойманных на протяжении всего миграционного периода. Для этого необходимо, чтобы стационарные ловушки или паутинные сети функционировали с начала и до окончания миграции исследуемого вида. Большие ловушки на Куршской косе ежегодно работают с конца марта по 1 ноября без перерыва на летний сезон на протяжении 50 лет, что позволило получить достаточно объективные данные об изменении сроков осенней миграции в Балтийском регионе.

В отношении долговременного изменения сроков осенней миграции у исследователей существуют противоречивые мнения. Одни авторы доказывают, что в связи с потеплением климата разные виды птиц, как ближние, так и дальние мигранты, стали улетать на зимовку в последние десятилетия позже обычного. Например, по данным английских исследователей, осенняя миграция у пеночки-веснички в 1994–2000 гг. наблюдалась на 5–10 дней позже, чем в 1962–1968 гг. Другие исследователи приходят к выводу, что у дальних мигрантов произошло заметное смещение пика осенней миграции на более ранние календарные даты в последние десятилетия, а у ближних мигрантов, наоборот, – сроки пролета сдвинулись на более

Рис. 105. Многолетние изменения сроков осенней миграции через Куршскую косу у видов, зимующих в Европе (пеночка-теньковка) и Африке (пеночка-весничка) (по вертикальной оси – средняя дата отлова птиц во время осенней миграции; по: L.V. Sokolov и др., 1999)



несмотря на их значительные межгодовые флуктуации.

Согласно нашим данным сроки осенней миграции у большинства (более 25) исследованных видов на Куршской косе, в отличие от весеннего пролета, существенно не изменились (рис. 105). Среди видов, зимующих в пределах Европы, только у лазоревки и черного дрозда выявлена значимая тенденция к более поздней осенней миграции. Среди дальних мигрантов – у мухоловки-пеструшки и славки-завирушки, наоборот, выявлена тенденция к более ранней миграции осенью. У 11 из 14 исследованных видов нами выявлена значимая положительная связь между сроками гнездования и средней датой осеннего пролета птиц через Куршскую косу (рис. 106). В годы с ранними сроками гнездования, осенняя миграция также проходила в более ранние календарные даты. Такая связь была свойственна как видам, зимующим в Европе, так и зимующими в Африке. Число суток между сроками гнездования и средней датой осенней миграции не остается постоянным, а сильно зависит от сроков гнездования. После лет с поздними сроками гнездования проходит значительно меньшее число суток до осенней миграции, чем после лет с ранним гнездованием. Это характерно для большинства исследованных видов. У 9 видов выявлена значимая отрицательная связь сроков осен-



ней миграции с температурным режимом весны, но не осени (рис. 106). В годы с теплой весной птицы мигрировали осенью через Куршскую косу в более ранние календарные даты, чем в годы с холодной весной. Сходная связь с осенними температурами воздуха была выявлена только у двух видов – лазоревки и городской ласточки. У садовой славки, наоборот,

Рис. 106. Связь сроков осенней миграции со сроками гнездования и весенней температурой воздуха у мухоловки-пеструшки на Куршской косе

была выявлена положительная связь сроков осенней миграции с температурным режимом осени. Ни у одного из исследованных видов не было обнаружено значимой связи сроков осенней миграции с осенним показателем глобальной погоды САК, но у многих была выявлена отрицательная связь миграции с зимне-весенним индексом САК, который характеризует погодную ситуацию весной.

В целом в годы с более теплой весной (1960-е и 1980-е гг.) молодые и взрослые птицы многих видов мигрировали через Куршскую косу раньше, чем в годы с холодной весной (в 1970-е гг. и первой половине 1990-х гг.). По данным немецких исследователей, на о. Гельголанд (Северное море) у 19 видов ближних мигрантов в 1980-е гг. обнаружена тенденция мигрировать, наоборот, позже обычного в среднем на 10 дней, что авторы связывают с влиянием происходящего потепления климата. О более поздних сроках осенней миграции у видов в последние десятилетия пишут и другие европейские исследователи, объясняя этот феномен тем, что в теплые годы птицы дольше остаются в районе гнездования. Возможно, что в Германии и других регионах центральной Европы некоторые виды воробьиных, в первую очередь ближние мигранты, при благоприятных погодных условиях действительно дольше задерживаются осенью в исследуемом районе. Однако в Балтийском регионе такой задержки осеннего пролета в период потепления у большинства исследованных ближних и дальних мигрантов нами не обнаружено.

Швейцарские ученые исследовали изменение сроков осенней миграции у 65 воробьиных видов по данным 42-летнего мониторинга птиц, мигрирующих через перевал Коль де Бретолет (Col de Bretolet) в Альпах. Авторы пришли к выводу, что у дальних мигрантов имеет место достоверное смещение пика миграции на более ранние календарные даты в последние годы, в то время как у 28 видов ближних мигрантов, наоборот, сроки пролета сдвинулись на более поздние даты. Исследователи объясняют это в первую очередь тем, что ближние мигранты в благоприятные годы чаще успевают вырастить по два выводка, в результате на осеннем пролете появляется много поздно родившихся особей, из-за которых средняя дата миграции вида сдвигается на более поздние календарные даты в последние десятилетия. Однако у 12 видов, мигрирующих в пределах Европы, сроки осеннего про-

лета тоже, как и у дальних мигрантов, сместились на более ранние даты. Среди них присутствуют три так называемых «инвазионных (ирраптивных)» вида, у которых отмечаются резкие колебания численности. Авторы предполагают, что влияние глобального потепления климата на «инвазионные» и «не инвазионные» виды может быть разным. Недавно мы исследовали изменение сроков осенней миграции у одного из таких «инвазионных» видов – длиннохвостой синицы (ополовника) на Куршской косе. Мы не обнаружили значимого тренда в изменении сроков миграции у синицы на протяжении 47 лет, как и у большинства других «не инвазионных» видов. Имеется лишь слабая тенденция к смещению даты появления первых ополовников на косе на более ранние календарные даты в последние два десятилетия, что, скорее всего, связано с ранним размножением вида в эти годы (рис. 107).

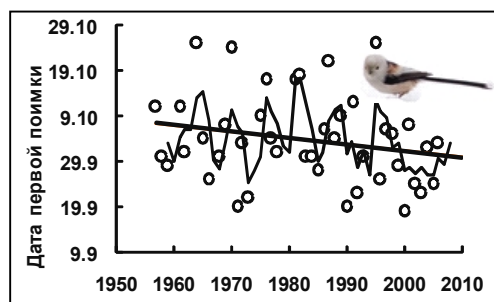


Рис. 107. Многолетняя динамика сроков осеннего прилета длиннохвостых синиц на Куршскую косу (по: L.V. Sokolov и др., 2004)

Рассмотрим возможные причины ежегодных флуктуаций средней даты осенней миграции у дальних и ближних мигрантов. Сравнение средних дат осенней миграции и гнездования показало, что у ближних и дальних мигрантов имеет место достоверная положительная связь между этими параметрами (см. рис. 106). Таким образом, если гнездование популяции было ранним, то молодые и взрослые птицы не только раньше покидают район рождения и гнездования, но и пролетают через наш регион осенью в более ранние календарные даты. Такая прямая зависимость между сроками гнездования и средней датой осеннего пролета у молодых птиц объясняется тем, что

начало миграции у многих воробьиных, как дальних мигрантов, так и мигрантов на средние дистанции, видимо, находится непосредственно под эндогенным контролем. То есть, сроки начала осенней миграции у молодых птиц в первую очередь зависят от их возраста, а не от воздействия каких-то внешних сигналов среды.

Исследования В.Н. Рыжановским воробьиных птиц в Субарктике показали, что у молодых птиц начало миграционного состояния контролируется, скорее всего, врожденной временной программой. Исследователь помещал молодых птиц в вольеру и наблюдал за развитием их миграционного состояния. Птицы имели неограниченный доступ к корму. С середины сентября у большинства исследованных видов (варакушки, желтой трясогузки, сибирской завирушки, овсянки-крошки и др.) началось значительное увеличение веса тела за счет накопления миграционных жировых запасов и усилилась двигательная активность (рис. 108). В декабре миграционное состояние у большинства птиц закончилось, согласно врожденной программе, которая определяет длительность первой осенней миграции у молодых птиц. Исследователь обнаружил достаточно сильную положительную связь между сроками вылупления и отлета у варакушки, пеночек (веснички и таловки) и овсянки-крошки в период с 1977 по 1982 гг. В восточной Швеции на протяжении 11 лет. Г. Эллегрен (1990) также исследовал сроки осенней миграции у варакушки в зависимости от даты гнездования. Он обнаружил сходную достоверную положительную корреляцию между ежегодными медианными датами откладки первого яйца и медианными датами миграции молодых птиц

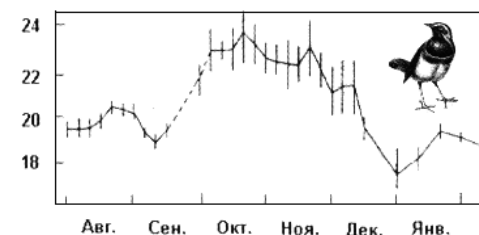


Рис. 108. Развитие осеннего миграционного состояния у молодых варакушек, помещенных в вольеру в условиях Субарктики (по вертикальной оси – вес тела, г; по: В.Н. Рыжановский, 1997)

через исследуемый район (они варьировали от 25 августа до 5 сентября).

Однако следует учитывать, что молодые птицы, которые появляются на свет в более поздние календарные сроки, имеют ускоренную программу развития, включая скорость ювильной линьки оперения, которая контролируется фотопериодом, и поэтому они могут начинать осеннюю миграцию в более раннем возрасте, чем рано родившиеся особи. Ю.Г. Бояринова с коллегами (2002), исследуя сроки осенней миграции у большой синицы в Ленинградской обл., пришла к выводу, что у птиц из первых выводков время миграции строго связано с датой вылупления птенцов: молодые мигрируют в определенном возрасте, независимо от даты вылупления. В противоположность им, у птиц из вторых выводков (более поздних) возраст, в котором они начинают мигрировать, уменьшается в зависимости от даты вылупления.

Согласно нашим расчетам, число суток между датой вылупления птенцов (или датой первой поимки молодой птицы) и средней датой осенней миграции на Куршской косе меняется в строгой зависимости от сроков гнездования популяции: чем позже было гнездование,

тем меньшее число суток проходило до средней даты осеннего пролета (рис. 109). Это свидетельствует о том, что в годы с поздним гнездованием молодые птицы начинают осеннюю миграцию в более раннем возрасте, подобно птицам из поздних выводков. Таким образом, сроки осенней миграции в годы с

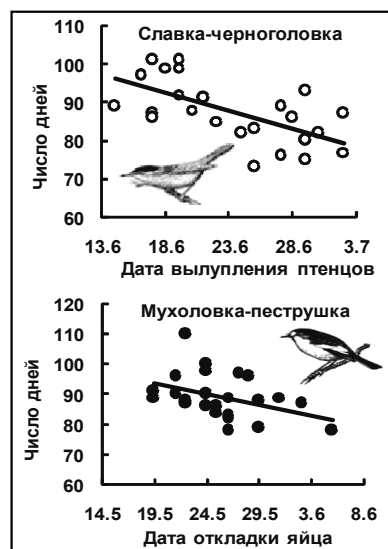


Рис. 109. Связь между сроками гнездования и осенней миграцией у птиц, зимующих в Южной Европе (славка-черноголовка) и в Африке (мухоловка-пеструшка), на Куршской косе (по вертикальной оси – число дней между средней датой осенней миграции и датой гнездования)

ранним и поздним гнездованием в значительной мере выравниваются по календарной дате. Именно по этой причине, несмотря на достоверную тенденцию многих дальних и ближних мигрантов в последние два десятилетия гнездиться на Куршской косе раньше, средние сроки осенней миграции у большинства видов в районе нашего исследования достоверно не изменились.

В экспериментах показано, что сроки осеннего миграционного состояния у взрослых птиц контролируются долговременной системой автономного отсчета времени, запускаемой весной под воздействием увеличивающегося светового дня. Такая система контроля начала осенней миграции у взрослых птиц должна уменьшать, по сравнению с молодыми, величину ежегодных флуктуаций средней даты пролета. Однако наши данные свидетельствуют о том, что средняя дата осенней миграции у взрослых птиц (как у ближних, так и дальних мигрантов) ежегодно варьирует не в меньшей степени, чем у молодых. При этом средняя дата осенней миграции у взрослых птиц напрямую связана со сроками гнездования. Раннее гнездование популяции, видимо, приводит к более ранним срокам осенней миграции не только молодых, но и взрослых птиц.

Как влияют непосредственно погодные условия, в первую очередь – температурный режим, на сроки осенней миграции у птиц? Принято считать, что на отлет дальних мигрантов, которые улетают на зимовку раньше, внешние условия практически не влияют, а вот на ближних мигрантов они оказывают достаточно сильное воздействие. К. Карри-Линдал (1984) полагал, что дальние мигранты, благодаря внутреннему ритму, настроены на определенное время отлета с точностью, допускающей колебания порядка недели. Ближние же мигранты более мобильны и могут весьма существенно изменять сроки отлета в зависимости от погоды, складывающейся осенью данного года. Осенью отлет ближних мигрантов, по мнению автора, может быть вызван похолоданием. Чувствительность к погоде у этих птиц зависит и от того, насколько сильна их готовность к перелету. При высокой степени готовности требуется совсем небольшое воздействие среды, чтобы начался отлет. Автор полагал, что высокая вариабельность сроков осенней миграции у ближних мигрантов, в отличие от дальних, объясняется именно значительным влиянием на них неста-

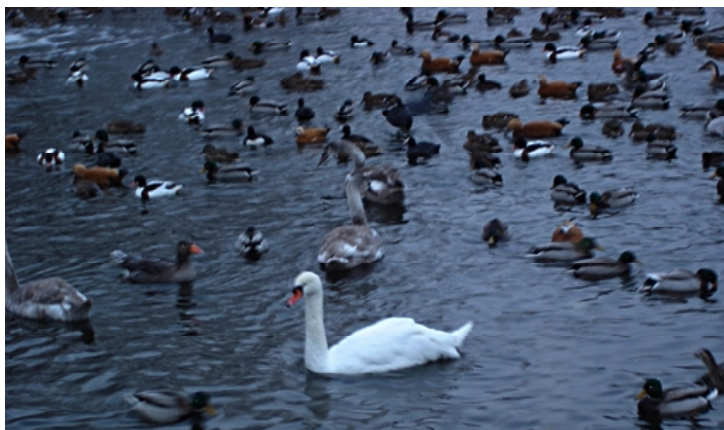
выкармливаются птенцы, что может снизить их продуктивность и, соответственно, численность популяции (см. следующую главу).

Адаптация птиц к размножению в более ранние, чем обычно, сроки происходит достаточно быстро, вероятнее всего – благодаря генетическому полиморфизму популяции. Современные виды птиц за период своего существования неоднократно вынуждены были адаптироваться к принципиально новым условиям обитания, поскольку климат на нашей планете постоянно меняется. Многие из ныне существующих видов птиц, вероятно, неоднократно переживали и ледниковые периоды, и времена глобальных потеплений. Естественный отбор за сотни тысяч лет существования вида должен был создать такое генетическое разнообразие особей, которое позволяло бы популяции достаточно быстро приспосабливаться к таким сильно изменяющимся факторам среды, как климат.

Резюмируя вышеизложенное в данной главе, можно с большой долей уверенности утверждать, что изменения климата, которые наблюдались в XX и начале XXI вв., заметно отразились как на сроках весенней миграции, так и сроках гнездования многих видов птиц в Европе, Азии, Северной Америке и Канаде. В последние три десятилетия птицы, мигрирующие как в пределах одного континента, так и между континентами, стали прилетать в район гнездования значительно раньше (на 15–30 дней), чем в середине прошлого века. Соответственно сдвинулись и сроки гнездования у многих видов на более ранние календарные даты. Однако такая картина наблюдалась не во всех регионах Северного полушария, а только там, где имело место реальное увеличение весенних температур воздуха. Подавляющее большинство специалистов в мире пришло к однозначному выводу, что более ранний прилет птиц и, соответственно, их гнездование в последние два-три десятилетия в первую очередь обусловлены современным потеплением климата в Северном полушарии. Более того, мы и некоторые другие исследователи выдвинули гипотезу о том, что под воздействием климатических факторов изменились

не только сроки прилета птиц в гнездовую область, но и сместились сроки их обратной миграции из района зимовки. В меньшей степени изменение климата повлияло на сроки осенней миграции птиц. В результате многие перелетные виды стали находиться в своей гнездовой области заметно дольше, нежели это наблюдалось в периоды похолодания климата. Дальнейшие изменения сроков весенней миграции и гнездования птиц в Северном полушарии в значительной степени будут зависеть от динамики зимне-весенних температур воздуха, как в гнездовой, так и зимовочной областях обитания видов.





Глава 4

Влияние климата на численность птиц

В конце XX в. все чаще стали появляться публикации, свидетельствующие о значительном, нередко катастрофическом сокращении численности в Европе у многих видов птиц, в первую очередь, дальних мигрантов. В Северной Америке ученые также указывают на значительное снижение численности популяций у ряда неотропических мигрантов. Падение численности у европейских видов исследователи объясняют в одних случаях воздействием различного рода антропогенных факторов, в других – влиянием глобального потепления климата, которое, по мнению ряда ученых, приводит к усилению засушливости пустынь, в первую очередь Сахары, что приводит к повышению смертности перелетных птиц на местах зимовки и пролете. Однако, согласно другим исследователям численность популяций, в первую очередь – северных, у многих видов птиц, включая дальних мигрантов, в последние два десятилетия не только не сократилась, а, наоборот, в ряде случаев существенно выросла.

Долговременные изменения численности популяций птиц

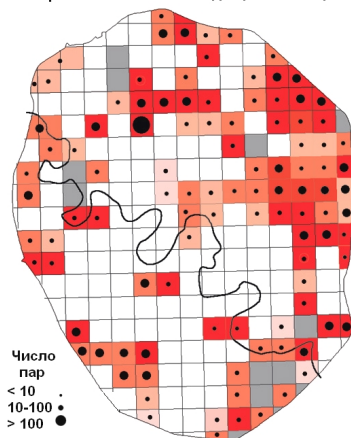
Методы оценки численности птиц

Численность птиц, обитающих в районе исследования, может оцениваться разными методами. Самым обычным и распространенным способом является визуальный учет птиц на так называемых линейных маршрутах, когда исследователь регулярно проходит определенное расстояние по выбранной заранее территории и регистрирует всех птиц, которые попадают в его поле зрения. Затем эти данные пересчитываются на большие площади и оценивается общая численность особей конкретного вида, живущего на этой территории. В нашей стране этот метод в настоящее время наиболее широко используется в Сибири. Не буду останавливаться на ряде недостатков этого метода, отмечу только то, что с помощью такого способа подсчета численности достаточно трудно получить реалистические оценки изменения численности того или иного вида на протяжении длительного периода времени (20 и более лет). Сложно себе представить, что одни и те же исследователи ежегодно в строго определенное время ходят по одним и тем же маршрутам несколько десятилетий подряд и подсчитывают всех встреченных там птиц.

Был период (1950–70-е гг.), когда в нашей стране и за рубежом активно проводился визуальный учет мигрирующих птиц, главным образом в местах их наибольшей концентрации – на побережьях крупных водоемов, в горных долинах, на перевалах и т.д. Во многих западных странах проводились, да и сейчас проводятся традиционные рождественские и другие массовые учеты птиц. Однако и эти способы учета по тем же причинам не очень эффективны для оценки многолетних изменений численности популяций птиц.

В настоящее время численность популяций во многих европейских странах оценивается по количеству гнездящихся пар, которые исследователи обнаруживают на строго определенной территории при активном поиске. При этом вся страна разбита, как правило, на одинаковые квадраты и исследователи, включая многочисленных

Карта численности гнездящихся птиц



любителей птиц, регулярно проводят на этих территориях учет гнездящихся птиц. Недостатки этого метода сходны с теми, что характерны для учета птиц на маршрутах. Поиск гнезд и гнездящихся пар в разные годы, как правило, разные исследователи, часто имеющие разный опыт в поиске гнезд, поэтому довольно трудно получить корректные оценки изменения численности гнездящихся птиц на протяжении длительного времени. Тем не менее, в большинстве западных стран на сегодняшний день это главный метод оценки численности гнездовых популяций птиц. Для огромной

России применение этого метода пока нереально.

Другой более или менее подходящий способ оценки численности пролетных и гнездящихся популяций птиц – это ежегодный отлов птиц специальными стационарными ловушками или паутинными сетями в постоянном месте и в строго определенных сроки на протяжении длительного периода. Недостатком этого метода является то, что со временем ландшафт, где установлены ловушки, может

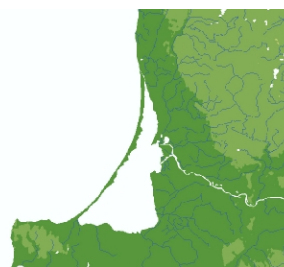
существенно измениться, в результате чего меняется эффективность отлова птиц этими ловушками. Поэтому необходимо через определенное время (10 и более лет) перемещать ловушки в сходный ландшафт. В принципе, как показал наш опыт работы на Куршской косе, это вполне возможно.

Шведский исследователь С. Свенсон (1978) сравнил разные методы учета численности птиц в Европе и пришел к выводу, что наибольшие межгодовые колебания дают визуаль-

ные наблюдения, заметно меньше – данные отлова мигрирующих птиц ловушками и наименьшие – учеты гнездящихся птиц. Большинство исследователей считает, что для корректной оценки динамики численности птиц необходима, во-первых, жесткая стандартизация по сбору данных, во-вторых, достаточная длительность процесса накопления данных (не менее 10 лет).

В 1977 г. на Куршской косе под руководством профессора В.Р. Дольника был проведен специальный эксперимент для оценки эффективности учета численности мигрирующих птиц осенью разными методами – дневными (визуальные наблюдения, отлов большими ловушками) и ночными (визуальные наблюдения на фоне диска Луны). Выяснилось, что для дневной миграции оценки, полученные с помощью визуальных наблюдений и больших ловушек, дают достаточно сходные результаты. Тут ничего удивительно нет – если над косой идет выраженная миграция, то естественно в большие ловушки попадает много птиц, в первую очередь, массовых мигрантов. Интереснее было сопоставить ночные наблюдения с последующим отловом ночных мигрантов ловушками в дневное время. В ночное время большие ловушки эффективно ловят только сов и летучих мышей. Оказалось, что отловы ночных мигрантов ловушками на следующий день слабо коррелировали с реальными плотностями ночной миграции, установленными благодаря наблюдениям на фоне диска Луны, но данные ночных наблюдений были достаточно сильно связаны с отловом птиц в предыдущий день. То есть, по дневным отловам ночных мигрантов в большие ловушки вполне можно судить о реальной динамике ночной миграции птиц в исследуемом районе.

Польский исследователь Я. Новаковский (2002) провел специальный анализ, чтобы проверить насколько схожи данные по отлову дневных мигрантов (большой синицы) ловушками на разных орнитологических станциях в Европе. Он пришел к выводу, что эти данные хорошо совпадают, что говорит в пользу того, что отловы птиц ловушками отражают реальную картину миграции. Можно смело



сказать, что многолетний ежегодный отлов птиц на пролете большими и малыми стационарными ловушками в разных странах в большинстве случаев позволил получить исследователям уникальные и достаточно реалистичные данные о долговременном изменении численности пролетных популяций птиц в разных регионах Европы.

Тенденции изменения численности пролетных популяций

Сравнительный анализ многолетних данных отлова стационарными ловушками и паутинными сетями мигрирующих осенью птиц в разных районах Европы, проведенный нами, показал, что численность ближних мигрантов таких как лазоревка, обыкновенный крапивник, черный дрозд и желтоголовый королек имела явно выраженную тенденцию к увеличению в 80-е и 90-е гг. XX в. во всех странах Балтии, но не в Германии (рис. 111).

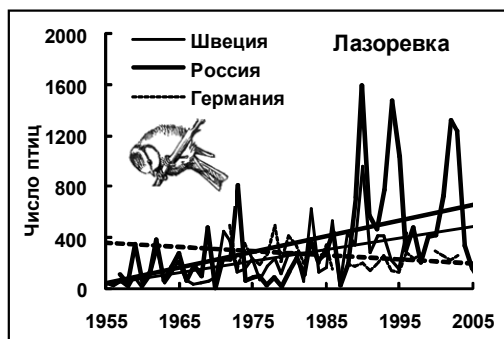


Рис. 111. Многолетняя динамика осенней численности ближних мигрантов в разных странах Европы (по вертикальной оси – число пойманных птиц на осеннем пролете; по: Л.В. Соколов, 2007)



Рис. 112. Многолетняя динамика осенней численности европейских мигрантов в разных странах Европы

Что же касается европейских мигрантов – зарянки, зяблика, пеночки-теньковки, славки-черноголовки и других видов, зимующих в районе Средиземноморья и на Пиренейском полуострове – то высокая численность у них наблюдалась в 60-е и особенно в 80-е гг. прошлого века (рис. 112). Однако значимая долговременная тенденция к увеличению численности среди европейских мигрантов зарегистрирована только у горихвостки-чернушки, теньковки и черноголовки, в первую очередь в Балтийском регионе. В Украине отмечен значимый рост численности у горихвостки-чернушки, певчего дрозда и зарянки. В Германии не было выявлено каких-либо значимых тенденций в изменении численности большинства европейских мигрантов, за исключением черноголовки, численность которой заметно увеличилась.

Численность на осеннем пролете дальних мигрантов – славков (садовая, серая и завирушка), пеночек (весничка и трещотка), мухоловки-пеструшки, зеленой пересмешки и ряда других видов, зимующих в Африке – значимо не изменилась (за исключением увеличения численности веснички в Швеции, Оттенби) на протяжении второй половины XX в. ни в странах Балтии, ни в Украине. Однако отмечались существенные подъемы численности у этих видов в 60-е и 80-е гг. прошлого века (рис. 113). В Германии у подавляющего большинства дальних африканских мигрантов наблюдалось существенное снижение численности, начиная с 70-х гг. XX в. В странах Балтии сильное сокращение численности наблюдалось только у четырех видов, зимующих в Африке – вертишейки, ястребиной славки, сорокопуга-жулана и садовой горихвостки (рис. 114).

Имеются данные других исследователей, свидетельствующие о том, что численность популяций воробьиных птиц в разных регионах Европы имела сходную многолетнюю динамику. Так продолжительный отлов (с 1948 по 1995 гг.) 54 видов воробьиных птиц осенью на острове Эланд (Швеция), расположенном в Балтийском море на расстоянии около 400 км к северо-западу от Куршской косы, показал, что в 1960-е гг. подъем численности наблюдался у 42 (78%) видов, в 1970-е (преимущественно во второй их половине) – только у 16 (30%) видов (главным образом мигрантов в пределах Европы), в 1980-е – у 43 (80%) видов, в 1990-е – у 19 (35%) видов.



Рис. 113. Многолетняя динамика осенней численности африканских мигрантов в разных странах Европы



Рис. 114. Сокращение численности популяций ястребиной славки в разных странах Европы

Многолетний отлов птиц паутиными сетями преимущественно в осенний период на самом юге Швеции (полуострове Фальстербо) также подтверждает, что наибольшая численность на пролете у 19 ближних и 11 дальних мигрантов отмечалась в 1960-е гг. В первой половине 1970-х увеличение численности отмечалось только у нескольких видов. К началу 1980-х гг. численность у целого ряда видов (6 ближних и 14 дальних мигрантов) вновь заметно возросла. Явная связь обнаружена шведскими исследователями и в отношении количества отлавливаемых птиц (лазоревок) между двумя районами (Фальстербо и Варmland), находящимися в 430 км друг от друга.

Данные отлова птиц паутиными сетями на датском острове Кристиансо, расположенном в Балтийском море примерно между островом Эланд и полуостровом Фальстербо, показывают, что в начале 1980-х гг. у многих видов воробьиных, мигрирующих осенью в Европу (13 видов) и в Африку (16 видов), численность была заметно выше, чем во второй половине 1970-х гг.

Многолетний отлов птиц на весеннем пролете в Европе проводится только в Швеции (о. Оттенби), на Ладожском озере (Нижнесвирский заповедник) и на Куршской косе. Анализ наших и шведских данных показал, что у ряда видов, как ближних (крапивник, черноголовка, пеночка-теньковка), так и дальних (белая трясогузка, серая и садовая славки, пеночка-трещотка, серая мухоловка и зеленая пересмешка) мигрантов, выраженный подъем численности – также как и осенью – наблюдался в 1960-е и 1980–90-е гг. Однако значимая долговременная тенденции в изменении численности птиц на весеннем пролете выявлена только у нескольких видов в Швеции: у певчего дрозда и камышовой овсянки численность сократилась, а у крапивника, теньковки и белой трясогузки она увеличилась.

Тенденции изменения численности гнездовых популяций

На Куршской косе мы имеем возможность оценивать изменение численности птиц не только во время осенней и весенней миграций, но и в период гнездования, поскольку большие ловушки функционируют и в летний сезон. Анализ многолетней тенденции изменения численности взрослых особей в локальной популяции у 12 перелетных видов показал, что у 5 видов (зяблика, лесного конька, трещотки, садовой славки и зеленой пересмешки) наблюдалось достоверное ее снижение в 1970-х, по сравнению с 1960-ми гг. (рис. 115). В 1980-х гг., по сравнению с 1970-ми, у большинства исследованных видов численность вновь заметно увеличилась или имела тенденцию к увеличению. В первой половине 1990-х гг. численность у

Рис. 115. Многолетняя динамика численности гнездовых популяций у перелетных птиц на Куршской косе (по вертикальной оси – число взрослых особей, пойманных в большие ловушки; по: Соколов и др., 2005)

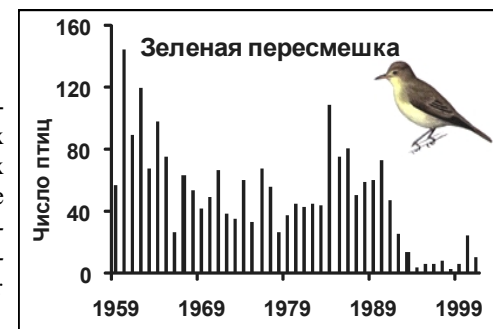




Рис. 116. Снижение численности гнездовой популяции вертишейки на Куршской косе

многих исследованных видов на Куршской косе вновь проявила выраженную тенденцию к снижению. Такая динамика была характерна как для дальних мигрантов, так и для видов, зимующих в Европе.

Численность гнездовой популяции вертишейки, ястребиной славки и сорокопута-жулана начала снижаться еще в 1970-х гг. и до сих пор остается на крайне низком уровне (рис. 116). Численность этих видов значительно снизилась и в других регионах Европы (Швеции, Эстонии, Латвии, Германии, Австрии). Популяция ястребиной славки в районе Западного Берлина полностью вымерла. Правда в других частях ареала этого вида, например в Рязанской обл., численность популяций заметно не изменилась на протяжении последних 100 лет, судя по данным В.П. Иванчева (2005).

Анализ тенденции изменения численности молодых птиц, пойманных в послегнездовой период, показал, что в 1960-е и 1980-е гг. у большинства оседлых и перелетных (как ближних, так и дальних мигрантов) видов численность была выше, чем в 1970-е и 1990-е гг. (рис. 117). В 1980-е гг. значительное снижение численности молодых особей наблюдалось лишь у вертишейки, ястребиной славки и соро-

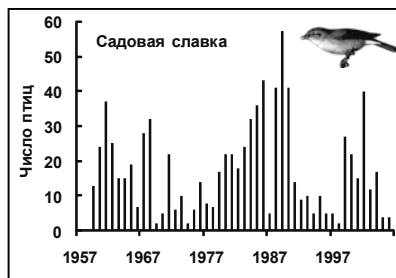
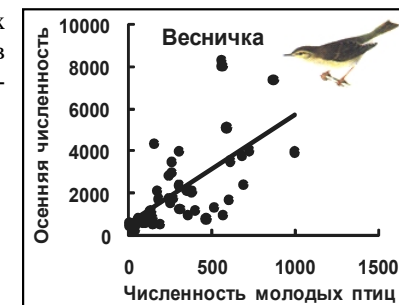


Рис. 117. Многолетняя динамика численности молодых птиц в послегнездовой период у перелетных видов на Куршской косе

Рис. 118. Связь численности молодых птиц в послегнездовой период и в осеннюю миграцию у дальнего мигранта на Куршской косе



копута-жулана. В первой половине 1990-х гг. численность у большинства видов снизилась, увеличение численности наблюдалось только у оседлого вида – хохлатой синицы. Однако во второй половине 90-х гг. численность ряда видов вновь начала расти (рис. 117).

Сравнение межгодовой динамики численности местных (родившихся на Куршской косе) и пролетных молодых птиц у 12 видов показало, что имеет место высоко значимая положительная связь между численностью этих двух когорт птиц не только у внутриконтинентальных, но и у дальних мигрантов (рис. 118). То есть в годы, когда на Куршской косе в послегнездовой период большими ловушками было поймано много местных молодых птиц, наблюдалась высокая численность и пролетных особей данного вида осенью.

Анализ литературных данных, касающихся долговременного мониторинга численности гнездовых популяций, проводимого другими способами, также свидетельствует о том, что численность воробьиных птиц многих видов, в том числе дальних мигрантов, в разных районах Европы в 1980-е гг. (по крайней мере, в их начале) была существенно выше, чем в 1970-е. Так результаты мониторинга за колебаниями численности гнездящихся в Дании птиц показали, что в период с 1975 по 1983 гг. наблюдался выраженный рост численности у 8 видов, зимующих в пределах Европы, и у 7 дальних мигрантов, включая лесного конька, белую трясогузку, весничку, серую и садовую славку, соловья и зеленую пересмешку.

Польские исследователи Т. Веселовский и Л. Томилайч (1997) проанализировали динамику численности птиц, гнездящихся в Беловежском национальном парке в период с 1975 по 1994 гг. Из 23 воробьиных видов у 15 был отмечен положительный тренд численности

гнездовых популяций в этот период, у 10 из них тренд значимый. Среди них есть и виды, зимующие в Европе (большая синица, лазоревка, зяблик, певчий дрозд, лесная завирушка и др.), и дальние мигранты (мухоловка-пеструшка, мухоловка-белошейка, серая мухоловка). Достоверное снижение гнездовых популяций отмечено только у



скворца, лесного конька и трещотки.

Исследование динамики численности некоторых гнездящихся насекомоядных птиц на орошаемых полях в Нижней Саксонии (Германия) показало, что в период с 1978 по 1987 гг. численность 13 видов (зарянки, теньковки, веснички, славки-завирушки, серой и садовых славков, зеленой пересмешки, болотной и тростниковой камышевок) возросла, причем у неко-

торых очень значительно. Немного снизилась численность лишь у черного дрозда и черноголовки.

С. Свенсон с коллегами (1986) сравнили многолетние данные (с 1970 по 1983 гг.) мониторинга численности 39 воробьиных видов в Швеции, полученные путем учетов гнездящихся птиц, визуального контроля мигрирующих птиц на Фальстербо и отлова с помощью паутинных сетей и Гельголандских ловушек на Оттенби (отдельно для весны и осени). У большинства видов выявлена положительная значимая связь между данными, полученными разными методами, что свидетельствует, по мнению авторов, о том, что численность гнездовых и пролетных популяций колеблется синхронно.

В специальном исследовании шведские ученые, сравнивая численность пролетных лазоревек на Фальстербо осенью в период с 1980 по 1994 гг. с количеством окольцованных птенцов по всей Швеции, обнаружили высокую степень корреляции между ними. Число кольцуемых лазоревек на пролете и в гнездах существенно возросло в 1984 г. (5518 мигрирующих особей и 10500 птенцов), по сравнению с предыдущими годами (1980 г. – 2250 и 5800, в 1981 г. – 1546 и 6100 соответственно). Высокая численность у этого вида на пролете и гнездовании в Швеции наблюдалась вплоть до конца

исследования в 1994 г. (6091 и 16000), за исключением 1987 г. (303 и 6000) и 1992 гг. (221 и 12000). По нашим данным это были годы (1987 и 1992) с поздней и холодной весной, а также дождливым летом.

Таким образом, поскольку численность пролетных популяций осенью часто положительно соотносится с численностью гнездовых популяций птиц, можно делать достаточно корректные выводы о долговременной динамике численности гнездовых популяций в Европе по результатам многолетнего и стандартизированного отлова птиц в районах их массовой осенней миграции.

Чем вызваны многолетние колебания численности птиц

Существует множество концепций, объясняющих динамику численности животных в природе. Бурная дискуссия по этой проблеме разгорелась еще в 1930-е гг. в значительной мере благодаря работе Ч. Элтона (1924), в которой он связывал вспышки массового размножения животных с солнечной активностью. Как пишет в своей известной книге, посвященной многолетним колебаниям численности животных, А.А. Максимов (1984), в то время столкнулись три точки зрения: 1) отрицающая наличие цикличности в популяциях животных, 2) признающая цикличность, но возражающая против роли солнеч-

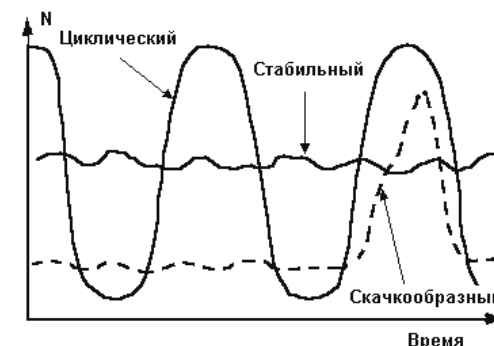
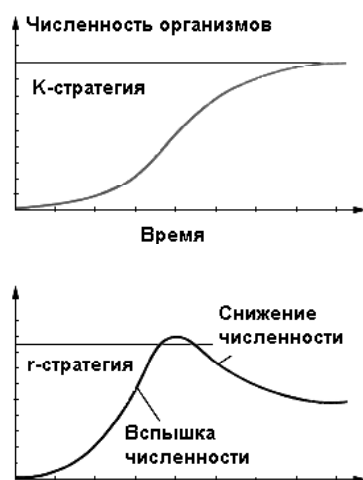


Рис. 119. Основные типы динамики численности популяций различных видов животных

ной активности в этом, и 3) признающая цикличность и значение солнечной активности в ней (рис. 119).

В настоящее время можно выделить два основных направления для объяснения естественных причин колебания численности животных в природе. Согласно одному из них, колебания численности животных связываются преимущественно с естественными флуктуациями внешних факторов среды. Сюда относится и так называемая «климатическая» концепция регуляции численности. В противоположность этому выдвигаются концепции, объясняющие колебания численности животных внутренними причинами, присущими самой популяции. Среди последних наиболее популярной является концепция о регуляции за счет факторов, зависящих от плотности популяции.

Виды, которые быстро размножаются со скоростью, не зависящей от плотности вида, называют r-стратегами. Размеры таких популяций не стабилизируются на определенном уровне, и в течение некоторого времени численность их может превышать поддерживающую емкость среды. После этого наблюдается спад численности из-за нехватки кормовых ресурсов. Как правило, r-стратеги имеют небольшие размеры и малую продолжительность жизни. Среди них



много микроорганизмов, мелких насекомых и однолетних растений. В противоположность им К-стратеги размножаются относительно медленно. Скорость их размножения зависит от плотности популяции. Численность популяций К-стратегов через некоторое время стабилизируется на определенном уровне и может оставаться на нем достаточно продолжительное время. Среди К-стратегов обычно встречаются долгоживущие виды: деревья, птицы и млекопитающие.

Между сторонниками противоположных концепций до сих

пор возникают бурные дискуссии. Есть исследователи, которые считают, что вообще о механизмах регуляции численности животных говорить бессмысленно, поскольку никто не сможет четко доказать существования такой регуляции. Однако большинство исследователей все же склонны одновременно признавать зависимость численности животных как от внешних физических (абиотических), так и от биотических факторов, связанных с плотностью популяции. К зависящим от плотности факторам обычно относят влияние хищников и паразитов, болезни, недостаток пищи, конкурентные отношения между особями и др. Известный американский исследователь Р. Риклефс (1979) указывает, что не всегда зависимость от плотности характерна только для биотических факторов, а независимость от нее – для факторов физических. Климат и другие физические факторы, по его мнению, также косвенно оказывают на величину популяции зависящее от плотности влияние, поскольку эти факторы обуславливают запасы пищи.

«Климатическая» концепция регуляции численности птиц

Сторонники «климатической» концепции склонны объяснять колебания численности животных, в том числе птиц, преимущественно изменениями климата, которые охватывают длинные периоды (порядка десятилетий и столетий). Считается, что определенные периодические колебания климата могут определять многолетние квазипериодические изменения численности птиц. Такие изменения климата могут влиять как непосредственно на смертность и выживаемость птиц в популяции, так и на их продуктивность и успешность восстановления численности популяции.

Тенденции долговременного изменения численности птиц в Балтийском регионе сотрудники биостанции В.А. Паевский и В.Р. Дольник начали исследовать еще в 70-х гг. прошлого столетия. Анализируя количество пойманных большими ловушками пролетных птиц 41 вида на протяжении двух-трех десятилетий на Куршской косе Балтийского моря, авторы пришли к выводу, что у многих из них обнаруженные за этот период колебания численности в большей мере

соответствуют представлению о циклическом изменении с периодом от 5 до 10 и более лет. Авторы высказали предположение (1976, 1979), что направленные изменения численности ряда видов могут быть связаны с действием разных факторов, из которых, по-видимому, наиболее важны постепенные климатические и антропогенные изменения, включая загрязнение среды ядохимикатами. Однако отдельный анализ видов с разным трофическим уровнем и разными местами зимовок не дал в дальнейшем подтверждений гипотезе о пестицидах как основной причине снижения численности. Детального анализа других факторов, включая погодные, эти авторы не проводили.

Влияние условий зимовки на численность гнездовых популяций



Существует гипотеза, согласно которой численность гнездовых популяций у перелетных птиц в значительной мере зависит от ресурсов пищи в районах зимовки. Эта гипотеза пока мало подтверждена конкретными фактами, тем не менее, в последние десятилетия такие факты появляются все чаще.

Голландские ученые во главе с Я. Тинбергеном (1985) выяснили, что выживаемость большой синицы главным образом определяется температурным и пищевым факторами в зимний период. Она отрицательно коррелирует с количеством морозных дней зимой и положительно – с урожайностью семян деревьев, в первую очередь бука. Европейский бук, являясь одним из основных пород лесов Западной Европы, во многом определяет зимнюю жизнь синиц в этом регионе. При низких температурах и усилении снежного покрова смертность большой синицы резко возрастает, поскольку этот вид не делает зимних запасов семян, как некоторые другие виды синиц (пухляк, хохлатая синица, гаичка), и вынужден собирать корм со стволов деревьев или с почвы. По данным Я. Балена (1980), сильный холод в феврале 1978 г. сократил численность зимующих в Голландии синиц

на 80%, а гнездящихся – на 46%. Последовавшая за этим очень суровая и многоснежная зима 1978–79 г. сократила численность гнездовой популяции еще на 24%. По данным В. Винкеля (1988), последствия этой зимы в Германии (возле г. Геттинген) были еще более ощутимыми – численность размножающихся синиц снизилась в три раза. В Карпатах, по данным А.И. Гузия (1988), зима 1984–85 г. была настолько холодной и снежной, что погибших синиц находили уже в ноябре, максимальная гибель была отмечена в начале января. Некоторые ученые полагают, что расселение большой синицы из Средиземноморья к северу шло вслед за кабанами, которые способны раскапывать глубокий снег, обнажая почву, и человеком, который обладает потрясающей способностью создавать помойки везде, где он живет.

Испанские исследователи Я.К. Сенар и Я.Л. Копити (1995) установили, что у домового воробья выживаемость взрослых птиц в период с октября по март существенно уменьшается в те годы, когда январская температура падает ниже 0°C на протяжении 10 и более дней (в нормальные зимы выживаемость составляет 40–50%, в холодные – около 17%). У целого ряда видов, зимующих в Европе, выявлена положительная зависимость их выживаемости от погодных условий зимой. Так, у чибицы выживаемость первогодков и взрослых сильно зависит от зимней температуры воздуха, при 3–6°C она была почти в два раза выше, чем при 0–2°C. У обыкновенной пищухи заметно снижалась выживаемость при увеличении осадков и обледенений стволов деревьев в зимний период. Мониторинг популяций воробьиных птиц в Финляндии в 1979–1988 гг. показал, что у четырех видов – полевого жаворонка, скворца, зарянки и крапивника также отмечается снижение численности после суровых зим.



Условия зимы влияют не только на виды, зимующие в пределах Европы, но и на дальних мигрантов, улетающих осенью на другой континент. Еще шведский исследователь К. Карри-Линдал, мно-

гие годы изучавший птиц в Африке, в одной из своих книг (1984) писал, что жестокая засуха, продолжавшаяся несколько лет в Африке к югу от Сахары – от Мавритании и Сенегала на западе до Эфиопии на востоке – и достигшая кульминации в 1972–73 гг. привела к массовой гибели перелетных птиц, в первую очередь – водоплавающих.

Сравнительное исследование ежегодной выживаемости молодых и взрослых белых аистов в популяциях Польши и Германии в период с 1983 по 2001 гг. показало, что выживаемость в обеих группах птиц была наибольшей, когда первичная продукция в африканской Сахеле была высокой. Растительность в Сахеле наиболее богата в октябре, когда аисты прилетают из Европы, но затем она достаточно быстро высыхает и пища для этих птиц (лягушки, мыши и др.) начинает исчезать. Однако аисты остаются в этом регионе, пока не пойдут дожди в ноябре в Восточной и Южной Африке и не увеличится количество пищи в этой части континента. Поскольку выпадение осадков в этих районах наблюдается нерегулярно, аисты вынуждены активно искать их, становясь номадами. Авторы пришли к выводу, что на выживаемость аистов сильно влияет обилие осадков, а, соответственно, и пищи, как в районе гнездования, так и на зимовках.

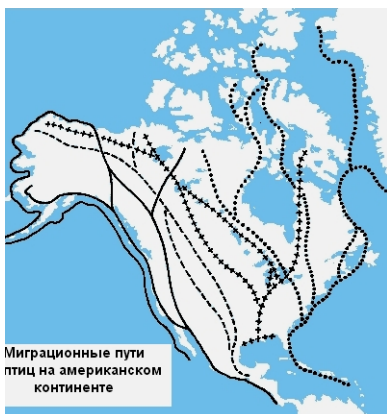
Зависимость ежегодной выживаемости европейских птиц от уровня осадков в районах их зимовки в Африке обнаружена и у некоторых других видов – у камышовки-барсучка, веснички, ласточки-береговушки. До 1980-х гг. размеры популяций веснички в Западной Европе были относительно стабильными. Считалось, что на численность этого вида африканские засухи не оказывают заметного влияния, поскольку весничка зимует далеко к югу от зоны Сахель в менее засушливых регионах. Однако в период 1983–1995 гг. численность некоторых европейских популяций этого вида заметно снизилась. Выживаемость взрослых птиц в южной Британии уменьшилась с 45% в 1988 г. до 24% в 1992 г. Сходная картина наблюдалась в Нидерландах и Германии. Европейские исследователи пришли к выводу, что это связано с повышенной смертностью весничек на зимовках в Африке в эти годы. Хотя на Куршской косе, в Украине, Швеции, Латвии, Эстонии в 1980-е гг. не только не наблюдалось снижения численности этого вида, а, наоборот, численность его заметно увеличилась (рис. 120).

Рис. 120. Многолетняя динамика осенней численности пеночки-веснички в некоторых странах Европы (по вертикальной оси – число птиц, пойманных на осеннем пролете; по: Л.В. Соколов, 2007)



В.А. Паевский с коллегами (2003) предположил, что одновременное катастрофическое сокращение численности ястребиной славки в ряде европейских стран (Швеции, Эстонии, России – на Куршской косе, Германии и некоторых др.) в значительной мере вызвано сильными засухами в районе ее зимовки в Восточной Африке. Ястребиная славка зимует на сравнительно ограниченной территории, преимущественно в Кении, Восточной Уганде и Северной Танзании. Согласно метеоданным, для Кении в годы, когда наблюдалось резкое снижение численности этого вида в Европе, отмечался наиболее низкий уровень осадков. Самая жестокая засуха в Африке за последние десятилетия наблюдалась в декабре-январе 1982–83 г. Именно в эти годы наблюдалось резкое снижение численности у ряда других транс-сахарских мигрантов в некоторых странах Европы. Хотя, например, у мухоловки-пеструшки на Куршской косе мы не выявили какой-либо значимой зависимости ежегодной выживаемости взрослых птиц от погодной ситуации в районе их зимовки в Африке. Это может объясняться тем, что пеструшка зимует преимущественно в саванной зоне Западной Африки в районе Гвинейского залива, где засухи не достигают такой силы, как в других регионах Африки – Нигерии, Судане, Уганде и др.

В Дании было выявлено, что выживаемость взрослых самцов у деревенской ласточки в сильной степени зависит от уровня вегетации растительности в Алжире, через который они мигрируют: чем выше индекс вегетации и, соответственно, лучше кормовые условия, тем больше выживаемость птиц.



На связь успешности гнездования перелетных птиц с погодными и экологическими условиями в районе их зимовки указывают и американские исследователи. Так, Филип Нотт с коллегами (2002) обнаружил, что погодные условия зимой в Южной и Центральной Америке сильно сказываются на численности гнездовых популяций целого ряда перелетных видов, зимующих в этой части континента. Уровень осадков в районах зимовки этих видов

(связанный с колебаниями глобальных климатических индексов Северо-Атлантического и Южного Колебания) объясняет по расчетам исследователя 50–90% ежегодной вариации репродуктивной успешности у 10 перелетных видов, гнездящихся в Северной Америке. Другими американскими исследователями было показано, что хорошие условия на зимовках повышают успешность гнездования и увеличивают численность молодых птиц в гнездовых популяциях некоторых видов водоплавающих.

П. Марра с коллегами (1998) обнаружил, что если американские горихвостки зимуют в более богатых пищей местах зимовки (в мангровых зарослях), то они быстрее и в большем количестве набирают необходимый для миграции жир и прибывают в район гнездования в лучшей физической кондиции. Авторы предполагают, что это приводит к повышению репродуктивного успеха в популяции. Другие исследователи показали, что самки американской горихвостки и европейской мухоловки-пеструшки, прилетающие в район гнездования более жирными, откладывают большее число яиц, которые имеют большую массу, что, в свою очередь, способствует успешности вылупления птенцов и лучшей выживаемости молодых птиц. Это, по мнению исследователей, должно способствовать наращиванию численности гнездовой популяции за счет появления в ней большего количества первогодков.

Недавно при исследовании видов, зимующих в Европе (зяблик, большая синица, королек, певчий дрозд и некоторых других), нами было показано, что погодные условия весны в значительной степени определяют уровень жировых запасов, с которыми птицы прилетают в Балтийский регион. В холодные весны в Европе мы, как правило, ловим в большие ловушки более жирных птиц, нежели в относительно теплые весны. Ранее нами было показано (1990) на зяблике, что низкие температуры зимой способствуют накоплению значительных жировых запасов птицами при наличии корма.

Таким образом, в условиях холодной весны некоторые виды птиц, зимующие в Европе, не только увеличивают свои жировые резервы, но и сохраняют их до прилета в район гнездования, что может способствовать их лучшей выживаемости в условиях холодной весны.

Влияние весенней температуры на численность популяции

Обычно считается, что весной температуры воздуха уже не являются критическими и их влияние на выживаемость и успешность размножения у птиц незначительно, по сравнению с зимними температурами. Чтобы выяснить, как влияет изменение климата на динамику численности местных популяций птиц, гнездящихся на Куршской косе, мы в первую очередь проанализировали связь численности молодых птиц, отлавливаемых большими ловушками в послегнездовой период, с весенними и летними температурами воздуха в районе исследования на протяжении 40 лет (1959–2000).

У всех 20 исследованных видов (оседлых и перелетных), за исключением славки-завирушки и ястребиной славки, численность молодых особей была напрямую связана со среднемесячной температурой апреля и/или мая, т.е. с теми месяцами, когда местные взрослые птицы появляются в районе гнездования (рис. 121). Достоверная связь численности молодых птиц с майской температурой наблюдалась преимущественно у поздно прилетающих видов (черноголовки, обыкновенной чечевицы). С мартовской температурой достоверная

связь численности выявлена только у лазоревки и славки-черноголовки – видов, зимующих в пределах Европы.

Примечательно, что ни у одного из видов не было выявлено достоверной связи численности с летними температурами воздуха. Казалось бы, во время выкармливания птенцов (преимущественно в июне) и после вылета их из гнезда (в основном в июле) температурные условия должны были бы оказывать существенное влияние на их выживаемость и, соответственно, численность молодых особей в послегнездовой период. Однако такой связи обнаружено не было. Успешность размножения наших популяций главным образом определяется температурными условиями весны, а не лета. Хотя в отдельные годы (например, в 1974, 1987 и 1998), когда в летние месяцы преобладала очень холодная и дождливая погода, смертность птенцов в гнездах и после вылета была достаточно высокой (судя по данным В.А. Паевского, 1982, 1985), что привело к заметному снижению численности молодых птиц в эти годы.

В предыдущем разделе мы показали, что численность гнездовых популяций птиц в Балтийском регионе в 1960-е и 1980-е гг. была

достоверно выше, чем в 1970-е и 1990-е гг. В этот период в регионе часто наблюдались теплые и ранние весны, которые в значительной степени влияли не только на сроки прилета и гнездования птиц, но и на успешность их размножения, повышая ее. Наоборот, холодные и поздние весны, которые доминировали в 1970-е и 1990-е гг., задер-

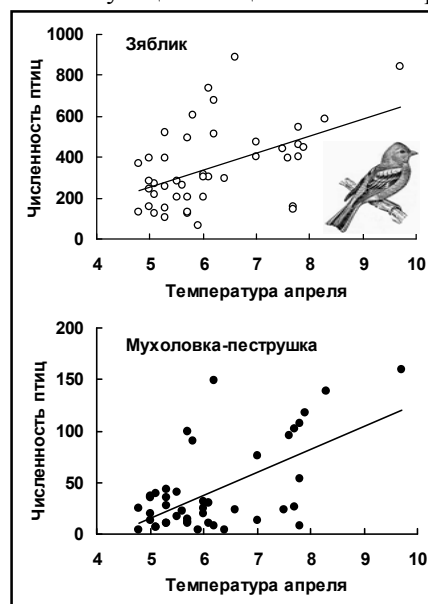


Рис. 121. Связь численности молодых птиц в послегнездовой период с весенней температурой воздуха у европейского (зяблик) и африканского (мухоловка-пеструшка) мигрантов на Куршской косе

живали прилет и гнездование птиц, уменьшая при этом успешность их гнездования.

По данным английского исследователя Д.Е. Глу (1992), ранняя и теплая весна в Великобритании в 1992 г. способствовала размножению многих видов воробьиных и неворобьиных птиц. Птицы прилетели раньше обычного и загнездились в более ранние сроки, что и способствовало успешности гнездования. Американский орнитолог М. Мортон (1992), исследуя гнездовую биологию перелетной беловенечной зонотрихии в горных районах Калифорнии (США), обнаружил сильную зависимость численности молодых птиц в послегнездовой период от сроков таяния снега весной. В годы с поздней и холодной весной продолжительность гнездового периода сильно укорачивается, в результате чего продуктивность популяции существенно сокращается.

Наши данные подтверждают, что раннее гнездование у большинства исследованных воробьиных птиц повышает продуктивность популяции, в результате чего численность молодых птиц в послегнездовой период в такие годы значительно увеличивается. Сравнение численности молодых птиц в послегнездовой период со средней датой их отлова в большие ловушки, которые отражают сроки гнездования популяции, показало, что у 14 из 19 видов имеет место достоверная отрицательная связь между этими показателями: в годы с ранними сроками гнездования и расселения молодежи наблюдается высокая численность молодых птиц в послегнездовой период, и наоборот (рис. 122).

В.А. Паевский (2008) полагает, что численность размножающихся пар у воробьиных в значительной мере регулируется не только зимней, но и весенней смертностью, которая может быть весьма высокой, особенно в годы с холодной затяжной весной. Норвежский исследователь Т. Слагсволд (1975) обнаружил высокую положительную корреляцию между численностью оседлых популяций большой синицы и лазоревки и температурой, особенно в период с 24 февраля по 5 апреля. По его мнению, в начале весны может гибнуть большое

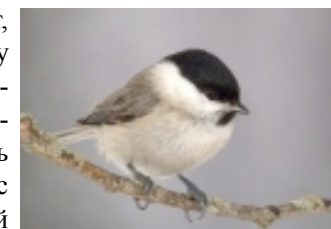




Рис. 122. Связь численности молодых птиц в послегнездовой период со сроками гнездования у мухоловки-пеструшки на Куршской косе

количество птиц, если погодные условия суровы, а первогодки еще не закрепили территории. Таким образом, считает автор, температура перед началом размножения является важным фактором регуляции плотности популяции у этих видов синиц. С.М. Смит (1995) проследила выживаемость 155 помеченных черноголовых гаичек в штате Массачусетс (США) и выяснила, что смертность молодых самок в паре с неопытным самцом была значительно выше в годы с холодной весной. Это было связано с тем, что такие самцы обеспечивают самок в период откладки и инкубации яиц кормом хуже, чем опытные, и этот эффект усиливается при плохих погодных условиях.

Полученные данные дают основания предполагать, что у оседлых и перелетных видов, зимующих в умеренной зоне, после теплых зим и весен к размножению приступает большее число особей в популяции, нежели в годы с холодными и поздними веснами. Это можно рассматривать как первый после зимовки шаг к наращиванию численности популяции в благоприятные в погодном отношении годы.



Далее, на ряде воробьиных видов было показано, в том числе и на Куршской косе, что размер кладки у рано размножающихся пар нередко выше, чем у поздно гнездящихся. Согласно данным В.А. Паевского (1999), размер полной кладки у трех видов славков (черноголовка, завирушка и ястребиная) на Куршской косе в «ранние» 1960-е гг. был дос-

товерно выше, чем в «поздние» 1970-е гг. Исследуя межсезонные различия плодовитости и успешности размножения воробьиных птиц в тундре (на полуострове Ямал), Е.О. Поленец, В.К. Рябицев и их коллеги (1995) обнаружили, что изменчивость средней величины кладки хорошо согласуется с межсезонными колебаниями дат начала инкубации, которые, в свою очередь, зависят от сроков наступления весны. В годы с ранним началом гнездования плодовитость увеличивалась, а в поздние годы – уменьшалась. Влияние других факторов, по сравнению с температурными, было очень мало. Даже у крупных представителей воробьиных отмечается влияние условий весны на величину кладки и успешность гнездования. Так, финские исследователи С. Ритконен и др. (1993) выявили значительные межгодовые различия в среднем размере кладки и выводка у грача. Рано приступающие к гнездованию грачи имели больше яиц в кладке и, в результате, более высокий успех размножения по сравнению с поздно гнездящимися. Сроки и успешность размножения у этого вида, по их мнению, могут быть предсказаны на основании хода майской температуры и длительности напочвенных заморозков. Другой финский исследователь А. Ярвинен (1996), изучая связь между размером яиц и величиной кладки у мухоловки-пеструшки в Лапландии (Финляндия), установил, что если температура воздуха до и во время откладки яиц была низкой, то наблюдается негативная корреляция между этими параметрами. В «теплый» гнездовой сезон большая кладка из крупных яиц является лучшей комбинацией для этого вида, обеспечивающей высокую продуктивность и успешность гнездования.

Таким образом, вполне вероятно, что в ранние по срокам гнездования годы общее количество яиц, отложенных птицами локальной популяции, существенно больше, чем в «поздние» годы. Это второй потенциальный шаг к увеличению численности популяции в годы с благоприятными температурными условиями весной.

Следующий важный этап, влияющий на уровень численности молодых особей в популяции – это успешность вылупления птенцов из яиц и их выживаемость в гнезде и сразу после вылета из него. Имеется достаточно много данных, свидетельствующих о том, что в годы с холодными и дождливыми условиями в летние месяцы эмбриональная и птенцовая смертность существенно выше, чем в «хоро-

шие» годы. Так, согласно данным В.А. Паевского (1999) успешность размножения у черноголовой славки на Куршской косе была достоверно выше в 1980-е гг. (доля вылупившихся птенцов из числа отложенных яиц составляла 71%), чем в 1970-е (52.1%) и 1990-е (40.6%). У поздно прилетающей садовой славки успешность размножения была достоверно выше в 1960-е (78.4%), нежели в 1970-е (59.7%). М. Марковец обнаружил достоверную положительную связь успешности размножения болотной гаички со средней температурой апреля в нашем районе исследования.

Известный английский орнитолог К. Перринс (1996) убедительно показал на большом материале, что успешность вылупления в оседлой популяции большой синицы в Англии достоверно зависит от массы яйца (она возрастает с увеличением массы). Масса яйца, в свою очередь, зависит не только от сроков откладки, но и от температуры воздуха в этот период: яйца меньше, когда температура во время их формирования ниже. Выживаемость птенцов в гнезде также возрастает с увеличением массы яйца. Испанские исследователи Я. Потти и С. Мерино (1996) обнаружили, что у дальнего мигранта (мухоловки-пеструшки) успешность вылупления из мелких яиц заметно ниже, чем из крупных. Кладки с крупными яйцами давали большее число молодых птиц в популяции.

На выживаемость птенцов в гнезде и после вылета из него также может влиять как температурный режим, так и осадки. По данным финских исследователей, численность мухоловки-пеструшки заметно снизилась после 1987 г., когда успех гнездования из-за холодного и дождливого лета был очень низким. В нашем районе исследования в 1987 г. были холодными и дождливыми не только вес-

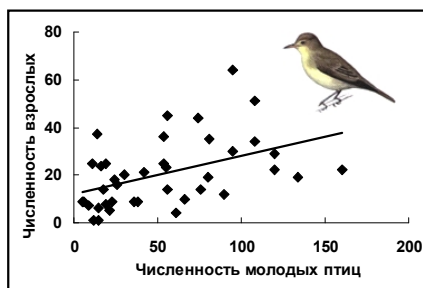


Рис. 123. Связь численности молодых птиц в послегнездовой период с численностью гнездящихся птиц на следующий год у зеленой пересмешки на Куршской косе

на, но и лето, что и привело к существенному снижению численности не только молодых птиц в послегнездовой период, но и годовиков на следующий год у многих видов. Как показал специальный анализ, численность местных молодых птиц в послегнездовой период у некоторых видов положительно связана с численностью годовиков, вернувшихся на следующий год в свою популяцию (рис. 123). Значимо увеличивается и доля годовиков в популяции после лет с высокой численностью молодых птиц.

На более высокий уровень смертности не только птенцов, но и молодых, и взрослых птиц у воробьиных видов во время холодной погоды в гнездовой и послегнездовой периоды указывают и другие европейские исследователи.

Концепции «саморегуляции» численности популяции

Многие исследователи полагают, что многолетние колебания численности животных, в том числе и птиц, нельзя объяснить только влиянием абиотических факторов среды, поскольку, по их мнению, явно существуют циклические флуктуации численности, не связанные с внешними причинами. В результате сформировалось устойчивое мнение, что у животных существуют особые механизмы регуляции численности без участия внешних физических факторов.

Сторонники этой концепции считают, что когда численность популяции достигает определенного (критического) уровня, то включается некий генетически запрограммированный механизм, который способствует сокращению численности популяции. Предполагается, что у разных видов животных существуют разные механизмы, приводящие к уменьшению численности до оптимального уровня – от рассасывания эмбрионов у беременных самок у грызунов и некоторых других млекопитающих до массового выселения молодых особей за пределы области обитания у так называемых «инвазионных» видов – леммингов,



саджи, кедровки и др. При высокой плотности популяции быстро истощаются запасы пищи, ускоряется распространение болезней, повышается агрессивность животных и т.п. Это автоматически приводит к повышенной гибели, в первую очередь молодых представителей популяции. Чтобы этого не произошло, полагают исследователи, должны действовать внутренние механизмы саморегуляции популяции, зависящие от плотности, которые обеспечивают стабилизацию численности на определенном уровне, при котором ресурсы еще полностью не истощены.

Механизмы регуляции численности популяции через плотность

Знаменитый и авторитетный английский ученый Дэвид Лэк написал несколько книг, в которых он считает зависимую от плотности популяций регуляцию численности вполне закономерной. В одной из книг он писал: *«Скорость размножения, развившаяся путем естественного отбора, направлена на наибольшее количество выживших потомков в расчете на одну пару птиц»* и *«Популяционная плотность регулируется зависимой от плотности смертностью, у большинства видов – из-за нехватки пищи в периоды вне сезона размножения»* (1966). Однако в настоящее время выдвинутые Лэком положения кажутся уже не такими бесспорными, как раньше. Не менее известный английский орнитолог И. Ньютон в одной из своих обзорных статей (1998) пишет, что эти два утверждения Лэка нуждаются в значительной модификации. Это касается, в первую очередь, роли зависимых от плотности процессов в динамике популяций и роли территориального поведения как механизма регуляции плотности популяции размножающихся птиц.

Надо отметить, что, несмотря на широкое распространение среди ученых концепции о регуляции численности популяций у птиц в зависимости от плотности, конкретных доказательств, убедительно подтверждающих ее, в литературе встречается не так много. Дело в том, что такие доказательства трудно получить, так как сложно отделить, где на численность популяции действуют внешние силы

(например, погода и климат), а где включаются внутривидовые факторы (например, плотность популяции).

По мнению Ньютона (1998), при изучении механизма регуляции численности птиц через плотность исследователь сталкивается с двумя проблемами: во-первых, многие популяции птиц исследуются слишком мало лет, чтобы выявить такую зависимость; во-вторых, популяции многих видов в последние десятилетия заметно увеличивают либо сокращают свою численность, что затрудняет обнаружение такого механизма. В своей работе автор анализирует данные ежегодных учетов 5 наиболее распространенных в дубовых лесах юго-восточной Англии видов воробьиных (черного дрозда, зарянки, крапивника, большой синицы, лазоревки) на протяжении 22 лет (с 1958 по 1979), когда не было выявлено трендов колебаний численности. Численность гнездовой популяции оценивалась по числу поющих самцов весной на территории в 16 га. У всех видов после лет с наименьшей численностью следовало наибольшее увеличение ее, а после лет с высокой численностью отмечался наибольший ее спад. Автор пришел к выводу, что у всех исследованных видов регуляцией через плотность можно объяснить 20–60% вариаций в ежегодных флуктуациях численности популяции. Однако у крапивника и зарянки почти 60% вариаций объясняется влиянием погодных условий зимой, в первую очередь, продолжительностью периода со снежным покровом. В другом сходном исследовании динамики численности британских певчих птиц на протяжении 27 лет ни у одного из 39 видов не было выявлено действия зависимого от плотности механизма регуляции.

В свое время Д. Лэк (1966) продемонстрировал на большой синице зависимые от плотности популяции реакции в отношении размера кладки и успешности выкармливания птенцов: чем выше плотность, тем меньше размер кладки и выживаемость птенцов. Голландский исследователь Г. Клуйвер (1951) на том же виде экспериментальным путем показал, что если число слетков на одном из



изолированных морских островов в течение 4 лет искусственно редуцировать (на 40% от средней годовой нормы), то в результате выживаемость как взрослых, так и молодых особей удваивается. В Нидерландах у большой синицы обнаружена отрицательная зависимость между плотностью популяции и долей пар, имеющих вторые кладки. Однако в условиях низкой численности, как показали исследования В.Б. Зимина (1988) и А.В. Артемьева (1993) в Карелии, такие зависимости у этого вида не выявлены. Величина кладки у большой синицы, мухоловки-пеструшки, веснички и некоторых других видов варьировала по годам независимо от плотности гнездового населения. В нестабильных условиях среды другие факторы, в первую очередь, внешние (погодные, кормовые), оказывают более существенное воздействие на успешность гнездования, нежели плотность популяции. В одном из западных обзоров отмечается, что только в 26% случаев выявлено влияние плотности популяции на размер кладки и в 32% – на рост птенцов и на их выживаемость. В обзоре голландского исследователя К. Бота (2000) показано, что из 57 исследований на 10 видах птиц зависимость размера кладки от плотности обнаружена в 22 (39%) работах, причем у оседлых больших синиц эта зависимость была выявлена в 50% случаев, а у дальнего мигранта – мухоловки-пеструшки – ни в одном из исследований. Была высказана гипотеза, что перелетные виды не способны оценить плотность гнездовой популяции, из-за растянутости прилета и начала гнездования.

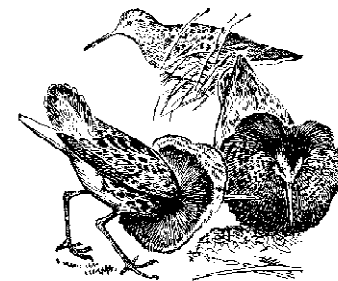


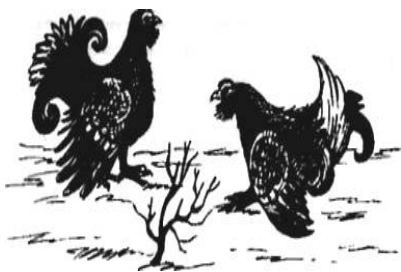
Американские исследователи Т.С. Силлет и Р.Т. Холмс (2005), изучая дальнего мигранта – черногорлого лесного певуна в гнездовой период (1986-1999 гг.), обнаружили, что численность молодых птиц в послегнездовой период, их масса тела и количество первогодков в популяции на следующий год негативно коррелирует с гнездовой плотностью взрослых птиц. Чем больше гнездились птиц на территории в 64 га, тем меньше было зарегистрировано молодых, они имели меньшую массу тела и ниже была численность первогодков в популяции на следующий год. Аналогично, доля самок, имевших второй выво-

док, также была негативно связана с плотностью. В противоположность этому, размер кладки и число птенцов, как в первых, так и вторых гнездах, не зависели от плотности гнездящихся птиц. Не было выявлено и значимой связи между плотностью и ежегодной выживаемостью и вероятностью отлова птиц. Интересно, что численность молодых лесных певунов в послегнездовой период увеличивается в годы с высоким показателем глобального климатического индекса Южной Осцилляции. Этот индекс характеризует глобальную погодную ситуацию в Южном полушарии, которая сильно зависит от таких известных явлений как Эль-Ниньо (связанное со значительным повышением температуры воды в Тихом океане у берегов Южной Америки) и Ла-Ниньо (понижение температуры воды). Средняя масса птенцов была низкой в годы с Эль-Ниньо и высокой в годы с Ла-Ниньо. Авторы приходят к выводу, что численность гнездовой популяции у исследуемого вида зависит от комплекса взаимодействующих факторов, как биотических (плотность популяции), так и абиотических (климат).

Роль территориального поведения в регуляции численности

В качестве механизма территориального контроля численности популяции одни исследователи рассматривают конкурентные отношения птиц за пищевые ресурсы, которые приводят к гибели особей с низким социальным статусом при высокой плотности (Д. Лэк, 1957). Другие, в частности В. Вайн-Эдвардс (1962), полагали, что в качестве регулятора выступает обострение, в первую очередь – территориальных конфликтов, которые приводят к снижению рождаемости у проигравших борьбу за территорию особей. В настоящее время существует большое количество работ, в которых территориальное поведение рассматривается как





зависимый от плотности фактор, регулирующий численность популяции.

Обычно роль территориального поведения в регуляции численности популяций изучают экспериментальным путем – изымают из исследуемой локальной популяции самцов до начала гнез-

дования и наблюдают за тем, занимают или нет освободившиеся территории другими особями (резервными), еще не имеющими своих участков. В.А. Паевский пишет в своей книге, опубликованной в 2008 г., что ему удалось обнаружить в литературе описание 60 таких экспериментов с 48 видами птиц, как воробьиных, так и куриных, хищных, утиных, куликов и даже чистиков. Примерно в 80% экспериментов, пишет В.А. Паевский, устраненные птицы были быстро заменены. Это говорит о том, что существует определенный популяционный резерв, и лимитирование плотности размножающейся популяции территориальным поведением широко распространено у птиц. Происходить это может через оценку птицами наличия подходящей для гнездования территории и обеспеченности ее необходимым кормом, причем не только для себя, но и для ее будущего потомства. Так, например, Е.И. Хлебосолов (1999), исследовавший пищевые связи куликов (дутьша и турухтана) в тундрах Якутии, пришел к выводу, что их весенняя гнездовая плотность ограничивается территориальным поведением, но размер территории определяется не количеством пищи в данный период, а предполагаемым запасом пищи на ней для их будущих птенцов. Как это ни удивительно, но птицы способны еще весной оценить территорию на предмет наличия на ней потенциальных кормовых резервов, которые понадобятся для их потомства не ранее чем через месяц.

И. Ньютон (2003) считает, что важность наличия подходящих территорий для гнездования в лимитировании плотности размножающихся птиц сильно недооценена. Ограниченность территорий, пригодных для гнездования, характерна не только для дуплогнездников, но и для многих других открыто гнездящихся видов – тростниковых

зарослей для камышовок, растительности на озерах для уток, подходящих утесов для чистиков и т.п.

Однако в условиях низкой плотности населения, например, на северной периферии ареала, действие территориального контроля регуляции численности обнаружить трудно. Это было показано специальными исследованиями отечественных орнитологов на Ямале и в Приполярном Урале. Они пришли к выводу, что перенаселенность и образование популяционного резерва – редкое явление в Субарктике. В этих широтах у многих видов такая низкая плотность популяций, что территориальная агрессивность или отсутствует, или так мала, что не может являться механизмом регуляции популяционной плотности.

Другие механизмы «саморегуляции» численности популяций

Некоторые исследователи полагают, что у птиц существует такой механизм «саморегуляции» численности, при котором избыток молодых особей после удачного размножения элиминируется, а после неудачного, наоборот, выживаемость молодых особей увеличивается. Нами было показано, что на воробьиных птицах этот механизм не работает, по крайней мере, в районе нашего исследования. Мы обнаружили, что у ряда открытогнездящихся видов (зяблика, веснички, зеленой пересмешки) имеет место следующая закономерность: чем больше появляется на свет молодых птиц в данном году, тем больше особей приступает к гнездованию на следующий год (см. рис. 123). Происходит это, главным образом, за счет увеличения числа первогодков в популяции. Увеличение доли первогодков в гнездовой популяции после лет с удачным размножением обнаружено нами и у дуплогнездника – мухоловки-пеструшки. Сходные данные получены и финскими исследователями. Конечно, могут быть слу-



чай, когда после удачного в отношении гнездования года, численность первогодков будет низкой из-за высокой смертности их на зимовке или пролете. Однако, в целом, выявленная нами основная тенденция сохраняется на протяжении уже нескольких десятилетий в популяции воробьиных птиц на Куршской косе.

Английские исследователи, проанализировав изменения в размере кладки, смертности и показателе иммиграции в популяции мухоловки-пеструшки в период с 1948 по 1964 гг., пришли к выводу, что высокая гнездовая плотность следует за сезонами, в которых появилось много слетков, но увеличение числа гнездящихся пар является результатом высокого уровня иммиграции. Когда же гнездовая смертность была высокой, наименьшая доля птиц, гнездящихся в районе исследования, была представлена иммигрантами. Птенцовая смертность не была связана с плотностью популяции. Наши исследования мухоловки-пеструшки показали, что после удачных для гнездования лет доля птиц местного происхождения не уменьшается, а, наоборот, увеличивается за счет большей возвращаемости первогодков в район рождения (рис. 124).

Исследования популяционной динамики большой синицы в Нидерландах, также показали, что численность первогодков местного происхождения в гнездовой популяции положительно коррелирует с количеством слетков, пойманных в предыдущий год в послегнездовой период, и с урожайностью бука. У синицы-московки в Германии была выявлена значительная положительная корреляция между репродуктивным успехом в данный год и уровнем повторных поимок окольцованных птиц на следующий год. М. Мортон (1996), исследуя поведение горной беловенечной зонотрихии в Калифорнии (США), обнаружил, что численность первогодков в популяции в сильной степени зависит от успешности гнездования в предшествующий год, которая определяется, в первую очередь, сроками таяния снега весной в местах размножения.

Если бы существовал такой механизм регуляции, при котором избыток молодых особей после удачного размножения популяции погибал или эмигрировал в другие районы, то уровень филопатрии (верности птиц району рождения) после таких лет должен был быть низким. Однако, как показало наше исследование, этого не

Рис. 124. Возвращаемость птиц в район рождения в зависимости от успешности размножения в предыдущий год у мухоловки-пеструшки на Куршской косе (по: L.V. Sokolov, 2000)



наблюдается. Наоборот, после лет с высокой численностью молодых птиц в популяции фиксируется наиболее высокий показатель филопатрии (рис. 124).

Тот факт, что показатель филопатрии достоверно возрастает с увеличением численности молодых птиц в послегнездовой период у некоторых видов, не следует связывать с усилением верности птиц району рождения после благоприятных в отношении размножения лет. Это, в первую очередь, объясняется тем, что в годы с успешным гнездованием молодые птицы в первые две недели после вылета из гнезда, скорее всего, лучше выживают, чем в годы с низкой успешностью гнездования, поэтому и дают большую возвращаемость в последующие годы. Об этом свидетельствуют и данные о поимках окольцованных птенцами молодых особей в послегнездовой период. Как правило, доля таких птиц, отлавливаемых большими ловушками в послегнездовой сезон достоверно ниже в годы с поздними сроками гнездования, чем с ранними. Если же посмотреть на показатель филопатрии у птиц, впервые окольцованных молодыми (в возрасте более 30 суток) в послегнездовой период, то обнаруживается, что уже нет достоверных различий в возвращаемости особей, родившихся в успешные и менее успешные для размножения годы. Это свидетельствует о том, что основной период высокой смертности молодых птиц приходится на первые две недели после вылета их из гнезда до начала самостоятельной жизни (возраста более 30 суток).

Таким образом, если врожденные механизмы саморегуляции численности у птиц и существуют в природе, то их роль в долгосрочных колебаниях численности не является определяющей на фоне действия мощных внешних факторов, таких как, например, климат.

Регуляция численности хищника и его жертв

В качестве доказательства существования стабилизирующих численность механизмов, в первую очередь, приводят данные по взаимоотношению хищника и жертвы. Однако, как справедливо отмечает В.А. Паевский (1985), популяции жертвы могут колебаться по независимым от хищника причинам, и лишь изменения численности хищников могут быть связаны с численностью жертвы.

Мы провели анализ многолетней динамики численности ястреба-перепелятника и его потенциальных жертв на Куршской косе и пришли к выводу, что долгосрочные периоды повышения и спада численности у балтийских популяций перепелятника в первую очередь связаны с многолетними флуктуациями климата, которые имели

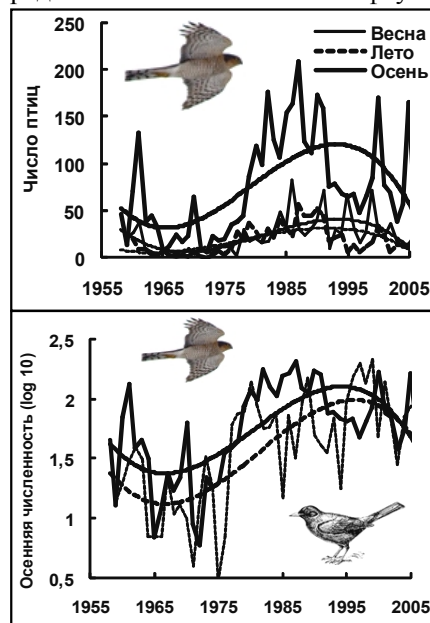


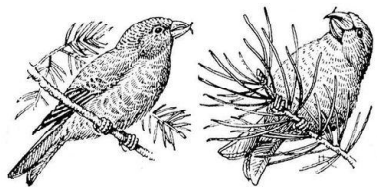
Рис. 125. Многолетняя динамика ястреба-перепелятника на Куршской косе (по вертикальной оси – число птиц, пойманных в разные сезоны года; по: Л.В. Соколов и А.П. Шаповал, 2008)

Рис. 126. Синхронная динамика осенней численности ястреба-перепелятника и его жертвы (черного дрозда) на Куршской косе (сплошная линия – перепелятник, пунктирная – черный дрозд)

место в Северном полушарии в прошлом и настоящем веке (рис. 125). В тоже время многолетняя динамика численности перепелятника тесно связана с динамикой численности его потенциальных жертв (рис. 126).

Мы согласны с выводом Паевского, что, в отличие от воробьиных птиц, регуляция численности у перепелятника осуществляется не через изменение уровня смертности молодых и взрослых птиц, а преимущественно путем колебаний его продуктивности размножения, в частности – уровня плодовитости и птенцово-смертности. В периоды, когда растет численность популяций воробьиных птиц, гнездящиеся перепелятники имеют возможность существенно повысить свою продуктивность (выкормить максимальное число птенцов). Количество птенцов в гнезде перепелятника может колебаться от 1 до 6. Наоборот, в периоды снижения численности потенциальных жертв численность перепелятника падает, из-за невозможности выкормить всех птенцов в выводке. Можно с большой уверенностью прогнозировать, что в случае дальнейшего потепления климата в Северном полушарии, численность многих видов воробьиных птиц в Восточной Балтии будет увеличиваться, следовательно, будет расти и численность перепелятника в этом регионе. В настоящее время ястреб-перепелятник в Северной Европе (включая Северо-запад России) относится к явно процветающим среди пернатых хищников видам.

Недавно проведенные английскими орнитологами исследования катастрофического снижения численности морских колониальных птиц (тупиков, кайр, чаек миевок), гнездящихся на Шетландских островах в Северном море, показали, что главной причиной этого является ухудшение качества кормовой базы этих птиц в районе их размножения. Основной их пищей на протяжении многих десятилетий являлась небольшая рыбка – песчанка, зарывающаяся в морской песок. Она содержит большое количество жира, поэтому идеальна для выкармливания птенцов морских птиц. В последние годы, начиная с 2004 г., как показало специальное исследование, содержание жира в теле песчанок заметно снизилось, в результате птенцы морских птиц не получают полноценного питания, необходимого для их быстрого роста, что приводит к повышенной смертности молодых



особей. Ухудшение качества основного объекта питания морских птиц исследователи связывают с потеплением воды в районе Шетландских островов вследствие глобального потепления климата. Увеличение среднегодовой температуры морской воды на 1°C в указанном регионе привело к изменению состава планктона, которым питается песчанка. Это сразу отразилось на физиологическом состоянии рыб. Сейчас английские орнитологи бьют тревогу, поскольку численность гнездящихся на островах морских птиц сократилась в сотни раз. Если на острове Фер раньше ежегодно кольцевались тысячи птенцов, то теперь лишь десятки особей. Ученые пытаются через парламент страны организовать охранные заповедники для морских птиц, где был бы запрещен промышленный лов рыбы. Дело в том, что из-за большого содержания жира в теле песчанок эти маленькие рыбы отлавливаются в огромном количестве для приготовления высококалорийной питательной массы для домашних животных. В свое время жители островов использовали песчанок даже в качестве основного дизельного топлива. Ученые надеются, что достаточно долго живущие морские птицы либо перейдут на другой более доступный вид корма, либо переселятся в те районы, где еще сохранились прежние кормовые ресурсы. В последние годы отмечено заметное увеличение численности морских птиц на других побережьях Англии, в частности – в районе Уэльса, где нет такого активного промыслового вылова рыб, как на севере страны.

«Взрывные» колебания численности птиц

Орнитологи давно обратили внимание на тот факт, что у ряда видов птиц осенью время от времени наблюдаются массовые вспышки численности мигрирующих особей, преимущественно молодых. Такого рода вспышки численности лучше всего регистрируются при систематических визуальных учетах или отловах птиц у экологических барьеров – на побережьях крупных водоемов, в долинах рек и на горных перевалах. Под инвазионными миграциями обычно понима-

ются такие передвижения птиц, которые ни во времени, ни в пространстве не являются регулярными. Они совершаются столь большим числом особей, что существенно влияют на состав и численность обитателей районов, куда устремляются новые вселенцы.

«Инвазионными или ирраптивными (взрывными)» чаще всего называют те виды, которые обычно являются оседлыми или кочующими, но которые иногда могут совершать массовые сезонные миграции. При этом они могут оставаться в районах нового заселения на более или менее длительные периоды времени. Типично инвазионными видами в Европе обычно считают кедровку, клестов – еловика и сосновика, синиц – москovicу и длиннохвостую (ополовник), обыкновенного свиристеля. К инвазионным нередко относят и целый ряд других видов – большого пестрого дятла, сойку, синиц – пухляка и сероголовую гаичку, поползня, обыкновенную пищуху, дрозда-рябинника, пуночку, обыкновенную чечетку, шура, снегиря.

Существуют разные предположения относительно биологического смысла массового выселения молодых особей из районов гнездования у видов, обычно ведущих оседлый, кочевой или nomадный образ жизни: от гипотезы «выброса излишка особей из популяции на верную смерть» до гипотезы, рассматривающей инвазию не как качественно особую форму перемещений, а как проявление наиболее сильной изменчивости обычных миграционных систем птиц. Еще знаменитый английский орнитолог Дэвид Лэк в своей книге, изданной в нашей стране в 1957 г., писал, что для объяснения инвазий существует две основные гипотезы. Согласно одной из них, нашествия возникают осенью после необыкновенно удачных сезонов размножения и вызываются перенаселением в гнездовых популяциях. Согласно другой, нашествия обусловлены не высокой численностью молодых птиц, а плохим урожаем плодов или другой основной пищи (семян, ягод) данного вида в месте его основного обитания, который вынуждает птиц к переселению в другие районы. Лэк полагал, что обе





концепции частично справедливы, хотя ни одна из них не дает исчерпывающего объяснения причин инвазий. Отечественный исследователь А.Н. Формозов (1965), вслед за Лэком, рассматривал в качестве «пускового» фактора инвазии, наряду с высокой осенней плотностью птиц, недостаток пищи. Наиболее

известна теоретическая модель шведского орнитолога Г. Свэрдсона (1957), согласно которой инвазионные виды могут осуществлять перелеты каждый год, но при обилии кормовых ресурсов в гнездовом районе миграции или резко ограничиваются, или даже совсем прекращаются. Однако многочисленные наблюдения показали, что инвазионные виды часто начинают миграцию достаточно рано, когда проблема реального недостатка пищи еще не возникает. Свэрдсон объясняет это тем, что инвазионные виды стимулируются к миграции каждый год теми же факторами, что и перелетные виды, но продолжительность и интенсивность их перемещений определяются, главным образом, встречаемостью обильных кормовых угодий. В отличие от миграций, при обилии пищи инвазий не происходит, считает этот исследователь. Согласно другому шведскому ученому Т. Алерстаму (1990), инвазии наиболее выражены тогда, когда не хватает корма для вида (семян, орехов и др.). Выселяясь в другие районы, молодые птицы повышают свои шансы на выживание зимой. К. Карри-Линдал (1975) полагал, что многие из инвазионных мигрантов никогда более не возвращаются в районы, где они появились на свет, а в районах нового поселения только небольшая часть из них размножается. Согласно этому автору, для многих видов инвазионный перелет – это путь без возврата; тем самым регулируется численность популяции в соответствии с пищевыми ресурсами. Г.А. Носков с коллегами (1975) из Санкт-Петербургского университета полагают, что инвазиями целесообразно называть только те миграции, которые приводят к резкому и необычному для вида расширению особями пространств жизнедеятельности. Осуществляется это путем вылета значительной части особей вида (популяции) далеко за пределы своего

ареала. При этом новая территория, включенная особью в свое пространство жизнедеятельности, не входит ни в гнездовую, ни в зимовочную зоны обитания, а сами перемещения являются необратимыми.

Несмотря на множество предложенных разными исследователями гипотез, объясняющих суть явления «инвазии», до сих пор не получены четкие ответы на такие важные вопросы как:

- Существует ли связь между инвазиями у разных видов;
- Связана ли вспышка численности у инвазионных видов осенью с успешностью гнездования их в тот же год, и какова величина межгодовых флуктуаций в успешности гнездования у этих видов;
- Какие конкретные факторы среды определяют высокую численность у таких видов в отдельные годы, как долго и в какой период года должны действовать они, чтобы вызвать инвазию;
- Какие причины – внешние или внутренние – вынуждают молодых птиц не только покидать локальный район рождения, но и перемещаться в определенном направлении на сотни и даже тысячи километров;
- Существует ли у инвазионных видов такое явление как обратная миграция весной;
- Отличаются ли принципиально инвазии от регулярных миграций и каково физиологическое состояние птиц, совершающих инвазии;
- Влияет ли глобальное потепление климата на частоту инвазий у птиц.

Данные многолетнего отлова птиц, включая инвазионные виды, на Куршской косе позволили нам получить ответы на некоторые из перечисленных выше вопросов.

Из видов, традиционно причисляемых к инвазионным, на Куршской косе большими ловушками в значительном количестве отлавливаются: ополовник, московка и клест-еловик. Кроме того, в ловушки попадают дятлы, сойка, кедровка, пухляк, поползень, обыкновенная пищуха, рябинник, обыкновенная и тундряная чечетки, снегирь.

Флуктуации осенней численности у инвазионных видов

Число отлавливаемых на Куршской косе за осень молодых птиц у исследованных инвазионных видов в разные годы может колебаться очень сильно, изменяясь в сотни и даже тысячи раз. Так, например, у длиннохвостой синицы число пойманных одной большой ловушкой особей колебалось от 0 до 20 557, у московки – от 3 до 4551, у обыкновенной пищухи – от 1 до 256, у сойки – от 0 до 814, у кедровки – от 0 до 176. Сходные всплески численности у этих видов в те же годы, как правило, фиксируются и в других частях Балтики – в Эстонии (Кабли), в районе Псковско-Чудского водоема, в Латвии (Папе), в Швеции (Оттенби) и в Польше (на Вислянской и Хельской косах).

Анализ автокорреляционной функции и периодограммы временных рядов выбранных видов показал, что у ополовника, московки и кедровки отсутствуют какие-либо выраженные цикличность и периодичность осенней численности. При анализе временного ряда у обыкновенной пищухи был обнаружен положительный тренд – ее численность в отловах растет из года в год. Анализ временного ряда пухляка показывает наличие слабых положительных и слабых отрицательных связей между численностями в соседние годы, что объясняется более частыми и массовыми инвазиями пухляка в конце 50-х – начале 60-х гг. и в 80-е гг. и отсутствием таковых в 70-е и 90-е гг. прошлого века. Инвазии сойки и кедровки маловероятны на следующий после массовой инвазии год, а у пищухи и московки наблюдаются инвазии и в следующий календарный год. Было обнаружено, что между инвазиями некоторых исследованных видов птиц существует явная связь. Выявлены значимые положительные связи между осенней численностью у московки, пухляка и пищухи, а также у ополовника.



Московка

Синица московка широко распространенный вид, ареал которого охватывает огромную территорию – от Ирландии до Камчатки.

Рис. 127. Инвазии московки в разных странах Европы (по вертикальной оси – число пойманных птиц осенью)



Несмотря на то, что взрослые московки как правило оседлы, для молодых особей свойственны осенние миграционные перемещения, часто на большие расстояния – до 2000–3000 километров.

Численность московок в осенний период сильно флуктуирует от года к году в разных регионах Европы. Так, в Эстонии (Кабли) число пойманных большими ловушками на осеннем пролете московок колебалось в разные годы в пределах от 21 до 6075 особей за сезон, а в Латвии (Папе) – от 17 до 18616 особей (рис. 127). Подавляющее большинство мигрирующих осенью московок составляют молодые птицы, доля взрослых колеблется в разные годы от 0 до 5.5%, в среднем она составляет 1.3%.

Наличие таких сильно выраженных межгодовых флуктуаций осенней численности у московки вызывает два важных вопроса: какие внешние факторы среды в первую очередь определяют подобные флуктуации? И из каких регионов Евразии могут прилетать в район Балтики московки в годы массовых вторжений?

Существует несколько гипотез, объясняющих образование нерегулярных массовых осенних миграций у московки. Одни исследователи объясняют происхождение массовых инвазий у этого вида преимущественно влиянием кормовых ресурсов. Согласно Г. Свэрдсону (1957) инвазионные виды могут осуществлять перелеты каждый год, но при обилии кормовых ресурсов в гнездовом районе они или резко ограничиваются, или даже совсем прекращаются. Уральский исследователь В.К. Рябицев (2001) полагает, что если семян хвойных (основного корма птиц) достаточно, то большинство московок на Урале и в Западной Сибири живет оседло всю зиму. При неурожае шишек, напротив, происходят широкие кочевки, а временами – мас-

совые миграции, главным образом – в южном направлении и обратно. Считается, что при чрезмерно высокой плотности популяции, возникшей после ряда лет с хорошими урожаями семян, в гнездовых районах возникает проблема пропитания, и поэтому может произойти массовый отлет птиц в другие регионы.

Согласно другим исследователям, осенние миграции у таких видов как москковка имеют место каждый год и являются нормальными миграциями с обратным возвращением весной. Эти миграции, иногда принимающие вид инвазий, связаны не столько с отсутствием корма, сколько с успешным размножением, приводящим к появлению большого количества молодежи. Наиболее распространенной является гипотеза о триггерном (спусковом) включении миграционного беспокойства у инвазионных видов через напряженные социальные контакты среди молодых птиц. Высокая плотность молодых птиц в районе успешного гнездования приводит к повышенной частоте конфликтов среди них, что включает миграционное поведение, и в результате подавляющее большинство особей покидает район рождения, отправляясь в дальнейшее путешествие.

Мы обнаружили, что существует значимая положительная связь между числом молодых москвовок, отловленных на Куршской косе в осенний период, и среднемесячной температурой воздуха в

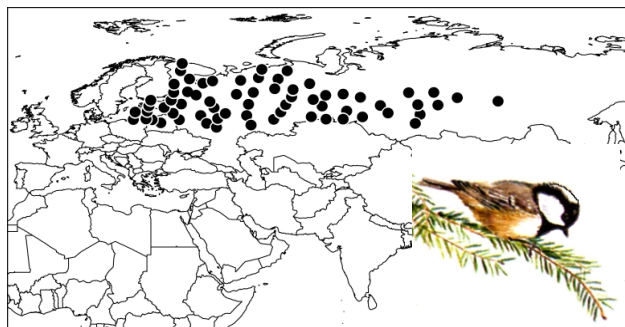


Рис. 128. Карта регионов, где была выявлена положительная связь между зимней температурой воздуха и осенней численностью москвовок на Куршской косе (кружками показаны центры этих районов; по: L.V. Sokolov и др., 2003)

разных регионах России для зимы (с декабря по февраль), весны (март-апрель), лета (июнь-июль) и осени (сентябрь-октябрь). Чем выше была температура воздуха в эти месяцы на территории от Калининградской области до озера Байкал, тем большая численность москвовок была зарегистрирована осенью на Куршской косе (рис. 128).

С мартовской и апрельской температурами была выявлена связь только для шести районов, находящихся между Новосибирском и озером Байкал. Не было выявлено значимой связи с майской температурой воздуха ни в одном из проанализированных регионов России. Для июня и июля обнаружена значимая положительная связь для районов Средней Оби и Иртыша. Массовые инвазии москвовок в районе Куршской косы наблюдаются в те годы, когда в июне и июле устанавливаются высокие температуры в районах Южного Урала и Иртыша. По данным М. Г. Головатина (2002), наиболее важными месяцами для активности и обилия насекомых в районе нижней Оби являются именно июнь и июль. Обилие насекомых в эти месяцы является важным фактором для выживания молодых птиц в гнездовой и послегнездовой периоды. Вполне возможно, что и для более южных регионов (бассейны Иртыша и Тобола) летние температуры имеют наиболее важное значение для выживания молодых москвовок. Теплая осень на огромных пространствах до Урала и в Сибири в совокупности с восточными ветрами предоставляет прекрасные возможности для миграций москвовок в западном и юго-западном направлении.

Кроме этого нами была выявлена связь осенней численности москвовок на Куршской косе с глобальным климатическим индексом Северо-Атлантического Колебания. Значимая положительная связь была выявлена для января и февраля: чем выше был индекс САК в

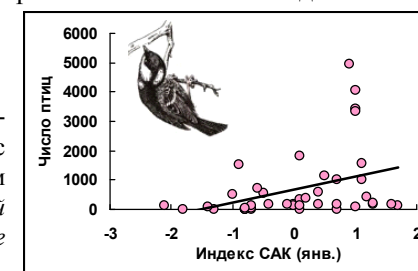


Рис. 129. Связь осенней численности москвовок на Куршской косе с зимним глобальным климатическим индексом САК (по вертикальной оси – число пойманных в большие ловушки птиц)

эти месяцы, тем больше было отловлено на осеннем пролете на Куршской косе молодых москочков (рис. 129). Можно предположить, что в годы с теплой зимой на большей части ареала обитания москочков выживает значительно больше взрослых особей, чем в холодные зимы. Это может приводить к увеличению численности приступающих к размножению птиц, и, соответственно, появлению на свет большего количества молодых. Кроме того, хорошие погодные условия зимой и весной могут влиять на доступность семян ели и сосны, что, в свою очередь, может способствовать лучшей выживаемости москочков в разные сезоны года. У ели обычно шишки открываются зимой, а у сосны – весной. Доступность корма повышает успешность запасаения москочкой семян зимой и ранней весной, при этом запасы семян часто могут использоваться при выкармливании птенцов.

Рядом исследователей было показано, что численность гнездовой популяции у оседлых и частично перелетных видов в значительной степени зависит от погодных условий зимы (см. предыдущие разделы главы 4).

Наши данные дают основание предположить, что москочки, прилетающие в район Балтики в годы инвазий, имеют не только северо-западное происхождение (Скандинавия, Финляндия, Карелия, Коми), но, по-видимому, частично принадлежат и к более восточным популяциям, населяющим территорию вплоть до Урала, а, возможно, даже Западную Сибирь.



Ополовник

Большинство исследователей относят длиннохвостую синицу (ополовника) к оседлому или частично кочующему виду. Однако на севере и северо-востоке Европы (Фенноскандия, Карелия, страны Балтии) длиннохвостая синица проявляет себя как типичный нерегулярный мигрант, появление которого на осеннем пролете в указанных регионах подвержено значитель-

ным межгодовым флуктуациям. В отдельные годы наблюдаются массовые перемещения этих птиц осенью одновременно на огромной территории – от Балтики до Урала. У ополовника в этих миграциях принимают участие преимущественно молодые особи. Весенние перемещения ополовника исследователями фиксируются редко, поэтому создается впечатление, что весенняя миграция для этого вида не характерна. К примеру, С.П. Резвый (1995) полагает, что осенняя миграция ополовников, скорее всего, представляет собой феномен расселения молодых птиц (по терминологии Г.А. Носкова), без выраженной обратной миграции весной.

Мы проанализировали многолетнюю динамику численности ополовников на осеннем пролете в нескольких странах Балтии. Кроме данных, собранных на российской части Куршской косы, мы использовали данные, полученные нашими коллегами в других районах Восточной Балтии – в Эстонии (стационар «Кабли», расположенный в 398 км от стационара «Фрингилла» на Куршской косе), в Латвии («Папе», в 124 км) и в Литве («Вентас-Рагас», в 43 км и «Неринга», в 45 км). Число ополовников, пойманных осенью на Куршской косе на стационаре «Фрингилла» в большие ловушки в разные годы колебалось от 0 до 20557. На стационаре «Рыбачий», расположенном в 12 км к северо-востоку, осенью в период с 1993 по 2005 гг. в паутинные сети попадало в разные годы от 0 до 1231 особей. Столь же сильные флуктуации осенней численности ополовников наблюдались и в других странах Балтии (рис. 130). Степень скоррелированности осенней численности ополовников в разных странах в одни и те же годы была очень высокой.

Анализ временных рядов численности показал, что у ополовника частота инвазий в последние 24 года на Куршской косе значимо

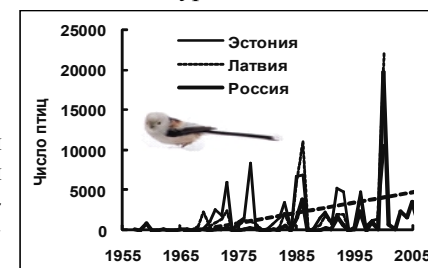


Рис. 130. Инвазии длиннохвостой синицы в разных странах Балтии (по вертикальной оси – число пойманных птиц осенью; по: L.V. Sokolov и др., 2008)

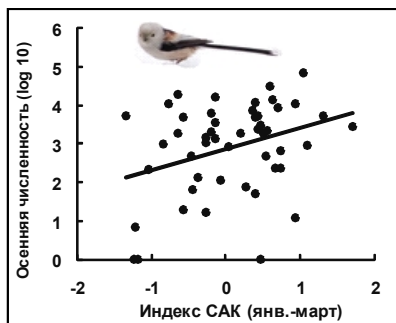


Рис. 131. Связь осенней численности ополовника на Куршской косе с зимним глобальным климатическим индексом САК (для января-марта)

возросла. С 1957 по 1980 гг. отмечено только 4 года с инвазией, тогда как в период с 1981 по 2004 гг. таких лет было 12. В первый период средняя численность отловленных птиц была на порядок меньше (138 особей), чем во второй период (1586 особей).

Мы обнаружили, что существует значимая связь между осенней численностью ополовников в странах Балтии и климатическим индексом САК для зимне-весеннего периода (рис. 131). В годы с высоким индексом САК в этот сезон наблюдалась наибольшая численность птиц на осеннем пролете в Балтийском регионе.

Кроме того, нами была проанализирована связь осенней численности ополовников в Восточной Балтии с сезонными температурами воздуха на значительной территории Европейской части России – от Прибалтики до Урала к востоку (до 60° в.д.) и от Сыктывкара (60° с.ш.) до северных границ Казахстана на юг (до 53° с.ш.). Выявлена значимая положительная связь между осенней численностью ополовников и средними температурами воздуха марта и апреля.

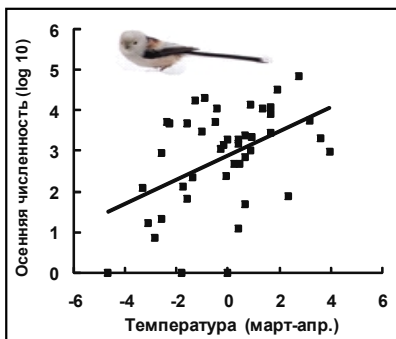


Рис. 132. Связь осенней численности ополовника на Куршской косе с весенней температурой воздуха

Наиболее высокая осенняя численность птиц наблюдалась в годы, когда среднемесячные температуры марта и апреля были существенно выше многолетней нормы на территории Европейской части России (рис. 132). В годы, когда наблюдалась массовая инвазия ополовников, высокие весенние температуры воздуха были зарегистрированы во многих регионах не только России, но и Европы. Наоборот, в годы, когда инвазия ополовников в Балтийском регионе отсутствовала, весенние температуры воздуха были низкими на большей части России и Северной Европы.

Наиболее массовая инвазия наблюдалась осенью 2000 г., когда в странах Балтии было поймано почти 70 тыс. ополовников. Если предположить, что большие ловушки, которые преимущественно применялись для отлова птиц в указанных выше странах Балтии, вылавливают из потока мигрантов около 10% особей, то через Балтийский регион осенью 2000 г. должно было пролететь не менее 700 тыс. ополовников. В связи с этим, возникают следующие вопросы: из каких регионов России могло прилететь такое огромное количество молодых птиц и какие внешние факторы среды способствовали появлению на свет такого количества птиц?

Мы попытались определить эти регионы путем выявления корреляционных связей между осенней численностью птиц в странах Балтии и температурным режимом зимой и весной, который мог способствовать успешному размножению у ополовников в тех или иных районах России. Была выявлена значимая положительная связь между осенней численностью птиц и весенними температурами воздуха для большей части Европейской части России. Согласно этим данным, ополовники могли прилететь в район Балтики с огромной территории, расположенной к востоку от Балтийского моря. Эта территория простирается от Прибалтики до Урала на восток и от Сыктывкара до северных границ Казахстана на юг. Предположение о том, что ополовники могут прилетать в район Балтийского моря из удаленных к востоку регионов России, подтверждается поимкой окольцованного 25 июня 2000 г. на полевом стационаре «Малое лебединое озеро» в Чувашии молодого ополовника в большую ловушку на стационаре «Вентас Рагас» в Литве 7 октября 2000 г. Эта молодая птица пролетела около 1600 км на запад от места своего рождения.

У себя на родине она входила в группу из 15 ополовников, по всей видимости, состоящую из двух объединившихся выводков. Другие молодые птицы (6 особей) из этой группы регулярно отлавливались до 10 октября в районе рождения. Есть основания предполагать, что в годы наиболее выраженных инвазий ополовников в районе Балтики часть птиц прилетает с достаточно удаленных к востоку от Балтийского моря территорий.

О чем свидетельствует выявленная нами значимая позитивная связь осенней численности ополовников в районе Восточной Балтии с зимне-весенними температурами воздуха и индексом САК? Положительные значения глобального климатического индекса САК, как правило, указывают на то, что в данный год на значительной части территории Европы и России установились относительно теплая зима и весна. В такие годы, во-первых, могло выжить и приступить к гнездованию большее количество птиц в популяции, как взрослых, так и первогодков. Во-вторых, в эти годы могло произойти более раннее и успешное гнездование ополовников на значительной части ареала. Все это должно было привести к существенному возрастанию численности популяций за счет молодых особей, которые в массе мигрировали осенью в направлении Балтийского моря. На важность весенней температуры воздуха для успеха размножения данного вида указывает и наличие значимых позитивных связей между осенней численностью птиц в Восточной Балтии и температурой марта и апреля в разных регионах России. Сравнительный анализ уровня весенней температуры воздуха по всей территории России для лет с выраженной и не выраженной инвазией ополовников показал, что в «инвазионные» годы мартовская и апрельская температуры были выше среднего показателя за 30 лет, а в «не инвазионные» годы, наоборот, были ниже среднего показателя.

Таким образом, можно сделать заключение, что выраженные инвазии ополовников в районе Восточной Балтии наблюдаются в те годы, когда на значительной территории Европейской части России устанавливаются относительно теплые зима и весна. Современное потепление климата в Северном полушарии привело не только к увеличению частоты инвазий у ополовника в исследуемом регионе, но и

способствовало, по-видимому, общему увеличению численности популяций у данного вида.

Сибирская кедровка

Сибирская кедровка – вид, специализирующийся на питании кедровыми семенами. Они встречаются в ее рационе круглый год, а осенью и зимой становятся чуть ли не единственным кормом в районе массового обитания сибирской кедровки. Запасы орехов используются и для выкармливания птенцов в период гнездования. Яркая выраженная кормовая специализация кедровки должна приводить, как это наблюдается у большинства стенофагов, к зависимости динамики ее численности от колебаний величины урожая кедра. На наличие связи численности кедровки с урожаем кедра указывают многие исследователи. Перераспределение кедровок по территории ареала сибирского кедра происходит в результате их летне-осенних перемещений. Сроки миграций изменяются из года в год. Летние перемещения обычно приходятся на период с начала июля до второй декады августа, осенние – с середины сентября до конца октября. Осенний пролет достигает наибольшей интенсивности к моменту созревания орехов. Предполагается, что ежегодные перемещения кедровок связаны, в первую очередь, с поиском территорий с обильным плодоношением кедра. Г.А. Носков с коллегами (2005) полагают, что у молодых кедровок в годовом цикле имеется обязательный период повышенной двигательной активности, что и приводит к перераспределению птиц по обширной территории.



Принято считать, что сибирской кедровке свойственны непериодические массовые дальние миграции с севера на юг и с востока на запад, вызываемые неурожаем кедра на больших территориях. Согласно Г.А. Носкову и Т.А. Рымкевич (2005), повышенная мигра-

ционная активность при недостаточной кормовой базе – характерная черта поведения многих птиц с кочующей формой миграционного поведения, в том числе и кедровки. Однако еще Х.Е. Иогансен (1912) в начале прошлого века видел причину массовых миграций кедровок не только в неурожае орехов кедра, но и в увеличении численности птиц за счет успешного размножения прошлых лет. Н.Ф. Реймерс (1954) также сделал предположение о том, что массовым выселениям кедровок предшествуют годы обильных урожаев сибирского кедра.



Однако целенаправленных исследований, показывающих достоверную связь численности кедровок с урожаем сибирского кедра и погодными условиями в Сибири в текущем и в предыдущие годы, в нашей стране практически не проводилось.

Мы провели сравнительный анализ динамики численности кедровок в районе их размножения – в Баргузинском заповеднике, расположенном на северо-восточном побережье Байкала, а также в районе Балтийского моря и в Украине, куда время от времени долетают молодые птицы в годы инвазий. Учеты численности кедровок в заповеднике проводились на постоянных маршрутах в первую половину лета, осенью и зимой 1984–2004 гг. стандартным методом, предложенным Ю.С. Равкиным (1967). Мониторинг численности кедровок на Балтике и в Украине проводился с помощью больших ловушек на полевых стационарах в Эстонии, Латвии, на Куршской косе и под Киевом.

С целью выявления корреляционных связей между погодными условиями, урожайностью кедра и инвазиями кедровки в Сибири и Европе, нами были использованы массивы данных по урожайности

кедра (в баллах), составленные по опубликованным сведениям Т.П. Некрасовой и В.Д. Несветайло (1987) из различных районов Сибири и архивным материалам Баргузинского заповедника. Из погодных факторов среды, нами использовался, в первую очередь, глобальный климатический индекс Северо-Атлантического Колебания. Несмотря на то, что ежемесячный индекс САК применяется главным образом в качестве показателя погодной ситуации в Европе, его нередко используют и для оценки зимне-весенне-летней погоды в Сибири, поскольку в этот регион время от времени проникают атлантические циклоны, которые проходят через Скандинавию и среднюю полосу европейской части России. Смещение траектории атлантических циклонов в южном направлении (через южную часть России и Среднюю Азию) приводит обычно к изменению, как температуры, так и количества осадков. Кроме этого, на летние погодные условия Восточной Сибири в значительной степени оказывают влияние еще два других восточных центра действия атмосферы – Алеутский минимум и Сибирский антициклон. В связи с этим, может быть использован еще ряд глобальных индексов атмосферной циркуляции, значение которых может характеризовать погодные условия Сибири – NP (Северо-Тихоокеанский индекс), WP (Западно-Тихоокеанский индекс), POL (Полярный индекс), ASU (Азиатский летний индекс) и некоторые другие. Из перечисленных выше индексов, помимо САК, мы использовали Северо-Тихоокеанский индекс, который в наибольшей мере характеризует летние погодные условия в Восточной Сибири.



Ретроспективный корреляционный анализ показал значимую связь урожайности кедра с летними параметрами погодного индекса САК во все годы трехлетнего цикла плодоношения кедра в Западной и Средней Сибири. Для районов юга Восточной Сибири эта связь с САК несколько ослаблена, здесь начинает сказываться влияние юго-восточных муссонов, которое отображается через связь урожайности

кедра с другим погодным индексом – NP. Плодоношение сибирского кедра – это процесс от момента заложения репродуктивных органов до созревания семян. Урожай шишек, плодов и семян – это конечный этап плодоношения. Зачатки генеративных органов у кедра закладываются в июле и августе, цветение и пыление наступают в июне или июле следующего года и продолжаются 3–7 дней, оплодотворение семязачатков происходит через год после их опыления, затем в течение 50–60 дней завершается формирование семян. Весь период плодоношения протекает около 28 месяцев. Кедр сибирский плодоносит (за очень редкими исключениями) ежегодно. Периодичность плодоношения кедра выражается не в строгой последовательности смены урожайного года неурожайным, а в смене периодов с повышенными и пониженными урожаями. Величина урожаев семян кедра зависит от многих причин, прежде всего от погодных условий в период опыления, оплодотворения и созревания семян. Холодная и избыточно-влажная погода неблагоприятна для плодоношения кедра в период закладки генеративных зачатков и их последующего формирования; для развития однолетних шишек, наоборот, неблагоприятна повышенная сухость. Особенно важна погода июня, июля и августа всех трех лет, в течение которых формируется урожай. По наблюдениям Т.П. Некрасовой и В.Д. Несветайло, между динамикой формирования женских зачатков и средними показателями температуры и дефицита влажности воздуха июля и августа имеется прямая связь. Это позволяет делать прогноз заложения генеративных органов по величине отклонения (от нормы) средней температуры и дефицита влажности воздуха в августе. «Цветки» и озимь (перезимовавшие женские шишки) чувствительны к температуре и влажности воздуха, не

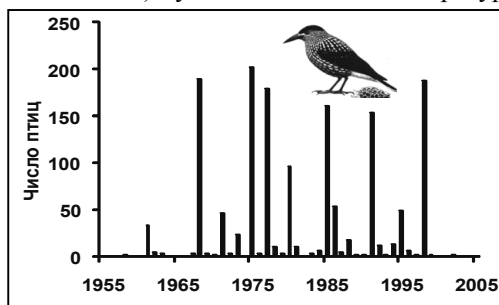


Рис. 133. Инвазии сибирской кедровки в Восточной Балтии (по вертикальной оси – число птиц, пойманных в большие ловушки осенью)

переносят заморозков, засух, длительных дождей, сопровождающихся похолоданием, которые существенно снижают или вовсе уничтожают урожай семян. Ориентировочный прогноз урожая кедрового ореха может быть составлен за два года за счет оценки состояния погоды в период заложения генеративных органов кедра. Влажное лето в сочетании с сильными ветрами позволяет прогнозировать слабый урожай ореха через два года. После сухого и теплого лета через два года можно ожидать хороший урожай ореха.

Летняя численность кедровок в Баргузинском заповеднике была значимо позитивно связана с урожаем кедра предыдущего (а не текущего) года. Аналогичная связь была выявлена и для осенних отловов кедровок в Балтийском регионе. С текущим урожаем кедра в Баргузинском заповеднике значимо была связана только численность зимующих там кедровок.

Число кедровок, пойманных осенью в странах Восточной Балтии в разные годы, колебалось от 0 до 201, в Украине от 0 до 59 (рис. 133). Наиболее сильные межгодовые флуктуации числен-

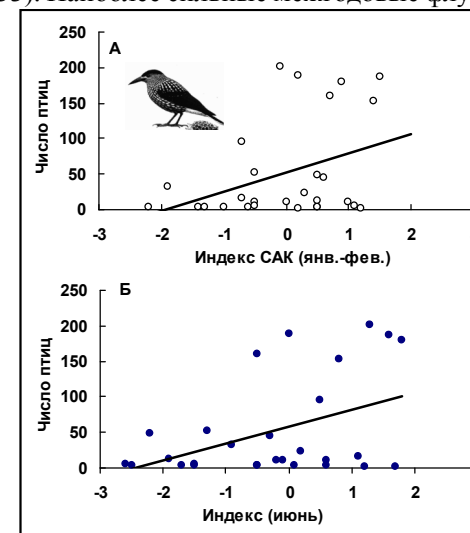


Рис. 134. Связь числа, пойманных сибирских кедровок в странах Восточной Балтии на осеннем пролете с зимним и летним индексами САК прошлого (А) и позапрошлого (Б) годов

ности были отмечены в Латвии. Сила связи осенней численности кедровок на отдельных стационарах в одни и те же годы была высокой. Проведенный нами анализ долговременного ряда осенней численности кедровки на Куршской косе (методом анализа автокорреляционной функции) показал отсутствие какой-либо выраженной периодичности. Всплески численности кедровок в Балтийском регионе наблюдались через два, три, пять и шесть лет (рис. 133).

Осенняя численность сибирских кедровок, отлавливаемых в Европе, в первую очередь в Балтийском регионе, оказалась значимо связанной с зимним индексом САК прошлого и летним индексом САК позапрошлого года, когда начинается трехлетний цикл плодоношения кедров (рис. 134).

Выявлена также значимая связь между индексами глобальной циркуляции атмосферы (САК, NP), погодными условиями летних месяцев трехлетнего цикла развития кедров, урожайностью кедров и сезонной численностью сибирских кедровок как в Сибири, так в Европе.

Таким образом, существует возможность построения определенных прогнозов численности сибирских кедровок в Сибири и их инвазий в Европу на основе долговременной оценки урожайности сибирского кедров с использованием оценки погодных-климатических условий Сибири на базе глобальных индексов циркуляции атмосферы.

Весенние миграции инвазионных видов

Нами было обнаружено, что у ополовника, москвки и сойки имеет место высоко значимая связь между числом молодых птиц, пойманных осенью на Куршской косе в большие ловушки, и числом отловов их весной следующего года (рис. 135). Это весьма важные результаты, которые свидетельствуют о том, что после инвазии определенная часть молодых птиц не только выживает зимой, но и перемещается весной в обратном направлении, возможно, в сторону района своего рождения.

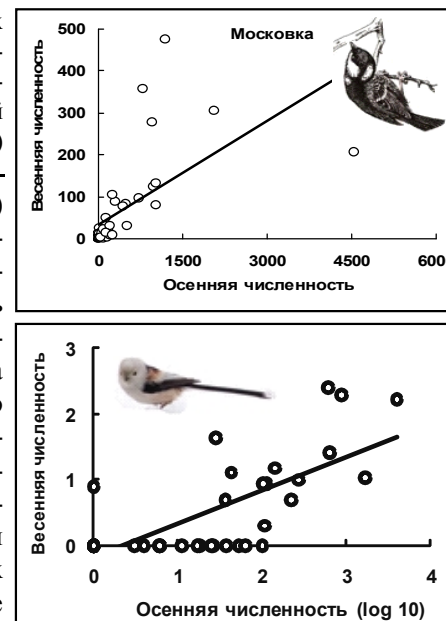
Чтобы проверить предположение о наличии обратной весенней миграции у инвазионных видов, мы организовали весной 2001

Рис. 135. Связь числа пойманных в ловушки птиц осенью и на следующий год весной у синиц москвки и ополовника на Куршской косе (по: Л. В. Соклов и др., 2002)

года ранний (с конца февраля) отлов птиц большими ловушками. Предшествующей осенью 2000 г. наблюдалась рекордная по численности инвазия ополовников, когда на Куршской косе было поймано около 21 000 особей, преимущественно молодых. На следующий год весной (преимущественно в марте) был пойман 931 ополовник, из которых 65% имели значительные жировые запасы. Визуальные

наблюдения показали, что в марте и начале апреля 2001 г. вдоль Куршской косы шла выраженная дневная миграция ополовников в северо-восточном направлении. Птицы летели небольшими стайками (по 10–20 особей) не только над сушей, но нередко над водой вдоль побережья Куршского залива. К середине апреля отловы ополовников как большими ловушками, так и паутинными сетями, полностью прекратились, поскольку птицы покинули Куршскую косу. Ополовники никогда не остаются для гнездования в нашем районе исследования. За 50 лет наблюдений ополовник ни разу не был отмечен в гнездовое время на Куршской косе, в ловушки и паутинные сети в сезон размножения не было поймано ни одной птицы. При проведении же маршрутных учетов с ноября 2000 по март 2001 гг. стайки зимующих ополовников регулярно встречали в черноольховых и смешанных лесах Куршской косы, однако в мае и июне встреч с длиннохвостыми синицами зарегистрировано не было.

Наличие достоверной связи между осенней численностью молодых птиц и числом отловов их весной свидетельствует о том,



что после инвазии определенная часть первогодков не только выживает зимой, но и перемещается весной в направлении района происхождения. Это предположение подтверждают и прямые дальние находки окольцованных птиц на пролете в последующие годы в районе гнездования. Эти данные явно противоречат гипотезе о неизбежной гибели птиц после инвазии, которая рассматривает инвазию как специальный механизм, обеспечивающий удаление с территории вида избыточного числа молодых, образовавшихся в результате успешного размножения во временных очагах. В.Р. Дольник (1975) считал, что *«в отличие от миграций, инвазия адаптивна не для тех особей, которые участвуют в ней, а для тех, которые остаются. Инвазии спорадичны, не адаптивны для птиц, принявших в ней участие, и эти птицы не возвращаются. Поведение и направление движения участвующих в инвазии птиц внешне похоже на миграцию, но по существу не имеет к ней отношения. Миграции, в отличие от инвазий, регулярны, адаптивны для участвующих в них птиц и завершаются возвращением на родину»*. Однако Д. Лэк в своей книге, изданной еще в 1951 г., пишет, что *«нашествия (инвазии) иногда рассматривают как механизм, обеспечивающий удаление избытка животных, как форму вымирания. Но если бы все особи, принимающие участие в таких переселениях, погибали, то способность к переселениям была бы, вероятно, элиминирована естественным отбором. В самом деле, прежняя точка зрения, согласно которой мигранты остаются только в районе нашествия и постепенно гибнут,*



оказалась ошибочной. Передвижения в обратном направлении, хотя и менее заметные, наблюдались достаточно часто, чтобы признать их закономерными, по крайней мере, у ореховки (кедровки), сойки, свиристеля и клеста-еловика».

Инвазии у птиц, в своей основе, не столь кардинально отличаются от регулярных миграций, как это принято считать. Во-первых, в тех районах, где происходит массовое размножение инвазионных видов, выраженные осенние перемещения, причем на достаточно большие расстояния, наблюдаются у

них чуть ли не каждый год, то есть практически являются регулярными. Спорадическими они выглядят только в районах, сильно удаленных от мест массового размножения. Во-вторых, несмотря на то, что большинство молодых птиц у инвазионных видов, скорее всего, погибает в течение зимы (как, кстати, у подавляющего большинства воробьиных перелетных птиц – около 70% особей погибает до весны), значительная часть их (около 20–25%) все же доживает до весны и стремится вернуться в районы гнездования.

Таким образом, для инвазионных видов характерна не только осенняя миграция (чаще в южном, юго-западном и западном направлениях), но и обратная весенняя миграция к северу, северо-востоку и востоку. Как показывает прижизненное обследование инвазионных видов на осеннем и весеннем пролете на Куршской косе, значительная часть особей может, подобно регулярным мигрантам, иметь выраженные жировые резервы, необходимые для совершения длительных перелетов. Кроме того, поведение инвазионных видов во время осенних и весенних перемещений напоминает поведение дневных регулярных мигрантов – они летят активным полетом, нередко над водными пространствами. Все это свидетельствует в пользу того, что инвазионные перемещения молодых птиц у ряда видов, традиционно причисляемых к оседлым и кочующим, представляют собой, по сути, разновидность сезонных миграций, с присущими для последних характерными признаками – значительной дальностью и определенной направленностью перемещений, выраженным миграционным состоянием и соответствующим миграционным поведением.

Изменение климата, которое наблюдалось в XX и начале XXI вв. существенным образом отразилось на численности многих видов птиц, обитающих в Северном полушарии. Многие европейские исследователи связывают значительное сокращение численности популяций у дальних мигрантов в Западной Европе с глобальным потеплением климата. Они полагают, что современное потепление не только приводит к увеличению смертности птиц в районах их зимовки в Африке, где усиливаются засухи и происходит аридизация (опу-

стынивание) мест обитания перелетных видов, но и снижает продуктивность популяций в гнездовой области из-за того, что ухудшаются кормовые ресурсы в районе их размножения. Однако наши данные по Восточной Европе свидетельствуют об обратном. В годы, когда наблюдается повышение зимних и весенних температур воздуха, численность многих видов птиц – оседлых, кочующих и перелетных, наоборот, растет, а не сокращается. Это связано с тем, что в ранние, как правило, теплые годы птицы выращивают значительно больше птенцов и более лучшего качества, поскольку кормовая база (преимущественно насекомые) в такие годы в северных и восточных регионах более обильна. В противоположность этому в холодные годы, когда наблюдается поздняя весна, продуктивность популяций у многих видов птиц в этих регионах заметно падает, что негативно отражается на общей численности вида. Таким образом, современное глобальное потепление по-разному сказывается на численности популяций птиц в разных частях Северного полушария. Если для птиц, обитающих в западных и южных частях Европы и Северной Африке это влияние скорее негативное, то для птиц Восточных и Северных районов Европы и Азии оно скорее позитивное. В случае дальнейшего потепления климата численность северных и восточных популяций птиц скорее всего будет увеличиваться, что может компенсировать снижение численности вида в остальных частях Европы и Северной Африке.



Глава 5

Влияние климата на распространение птиц

В ряде стран Европы (Великобритания, Швеция, Финляндия и др.) более чем у 300 (70%) из 435 исследованных видов птиц зарегистрировано изменение ареала их обитания. Большинство из этих видов расширили свой ареал к северу и северо-западу.

Область распространения любого вида ограничена так называемой границей ареала, за которой селективные факторы среды (климатические, биотопические, топографические) препятствуют нормальному существованию особи и, самое главное, успешному ее размножению. Считается, что каждый вид стремится к экспансии – завоеванию новых мест обитания. Роль «завоевателей» обычно отведена молодым особям, которые еще не размножились. В подавляющем большинстве случаев попытки заселить новые районы, скорее всего, заканчиваются неудачей, поскольку границы ареала у большинства видов остаются удивительно стабильными на протяжении длительного времени. По мнению известного эволюциониста Эрнста

Майра (1968) это объясняется тем, что процесс адаптации вселившихся организмов к новым условиям постоянно нарушается притоком иммигрантов, которые несут новые гены и их комбинации из внутренних областей ареала вида. Это препятствует естественному отбору стабилизированных генных комплексов, приспособленных к условиям пограничной области. Краевые популяции обычно с трудом поддерживают свою численность на нужном уровне, находясь в сильной зависимости от притока иммигрантов. Чтобы избежать «размывающего» действия новых генов иммигрантов, необходима, по мнению А. Уоллеса, определенная степень географической изоляции.

Имеется множество данных, свидетельствующих о том, что регулярно определенная часть особей у разных видов регулярно преодолевает условную границу, пытаясь обосноваться в новых районах. Если это им удастся, то ареал вида постепенно расширяется. Однако орнитологам известно немало случаев, когда вид осуществлял удивительно быструю экспансию в новые районы. Так, Ф. Саломонсен описал стремительное проникновение в Гренландию в январе 1937 г. стаи дроздов-рябинников во время штормовой погоды. К 1949 г. этот вид стал обычной гнездящейся птицей в юго-западной части Гренландии. А. Мюллер проанализировал данные по расселению с востока обыкновенной чечевицы. Он пришел к выводу, что особенно быстрым расселение было после 1930 г. В настоящее время ареал чечевицы охватил Финляндию, часть Швеции и Норвегии, Германию. В Дании, Голландии, Бельгии и Англии этот вид еще не гнездится, но все чаще встречается на пролете весной и осенью, а отдельных особей можно встретить и летом (рис. 136). Немецкие орнитологи приводят данные о расселении на северо-запад ремеза.

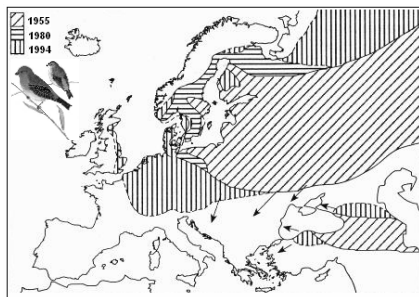


Рис. 136. Расширение гнездового ареала на запад у обыкновенной чечевицы в период с 1955 по 1994 гг.

В 1930 г. западная граница ареала этого вида проходила через Польшу, Чехословакию до Австрии. К 1965 г. область регулярного гнездования его расширилась на запад на 300 км, к 1985 г. она сдвинулась еще на 200 км к западу.

Расселение ремеза происходило волнами. Успешность гнездования в районах расселения первоначально была низкой, численность в гнездовых популяциях поддерживалась за счет притока птиц с востока. Волнам расселения предшествовали осенние инвазии этого вида, в результате экспансии образовались новые пути пролета и места зимовок, в частности – в Южной Франции. Помимо указанных видов, расселение, приводящее к расширению ареала, было зарегистрировано и у ряда других видов – горихвостки-чернушки, пеночки-зарнички, садовой овсянки, дубровника и др.

Как влияет климат на изменение ареала обитания

Английский исследователь Джон Бартон опубликовал в 1995 г. книгу «Птицы и изменение климата», в которой проанализировал данные по изменению ареала различных видов птиц в Европе. Он пришел к выводу, что с 1900 г. у 71% европейских видов гнездовые ареалы претерпели существенное изменение, у 44% из них это было связано с изменением климата. В период с 1850 по 1950 гг. в Британии появилось много новых видов птиц и насекомых из южной и восточной Европы. Это также было связано, по мнению автора, с заметным потеплением климата в Северном полушарии. Начиная с 1920 г. в Британии, по крайней мере у 11 видов птиц, северная граница ареала сместилась к северу или западу. Однако в начале 1950-х и вплоть до 1980-х гг. в Британии произошло похолодание климата на фоне глобального потепления XX в., что привело к тому, что ряд арктических видов (белоногая гагара, гага-гребенушка, розовая и белая чайки, белая сова) стали чаще появляться на зимовке южнее, чем это было в период потепления. А такие субарктические виды, как белохвостый песочник, лапландский подорожник, рогатый жаворонок стали гнездиться значительно южнее, чем раньше.

По данным других английских исследователей в период с 1972 по 1991 гг. британские виды птиц расширили свой ареал к

северу в среднем на 19 км в ответ на повышение среднегодовой температуры воздуха. Кроме того, потепление зим в Великобритании привело к смещению зимнего ареала болотных птиц к востоку. Зимовки на восточном побережье Англии значительно улучшили кормовые условия для птиц, по сравнению с западным побережьем и уменьшили дистанцию миграции этих птиц к их гнездовым районам. Выяснилось, что виды, обитающие в Южной Европе, например провансальская славка, огородная овсянка, малая белая цапля и соловьиная камышевка, стали более распространены в Великобритании в 1980–2004 гг. В то время как виды, обычные для Северной Европы (дрозды рябинник и белобровик или красношейная поганка), стали реже встречаться в Великобритании. Результаты подтверждают ожидания английских орнитологов, в свете изменения климата за последние 20 лет. Так как Великобритания находится в средних широтах Европы, предполагается, что последнее потепление климата благоприятно отразится на видах, которые обитают на юге Европы и неблагоприятно повлияет на «северные» виды (рис. 137).

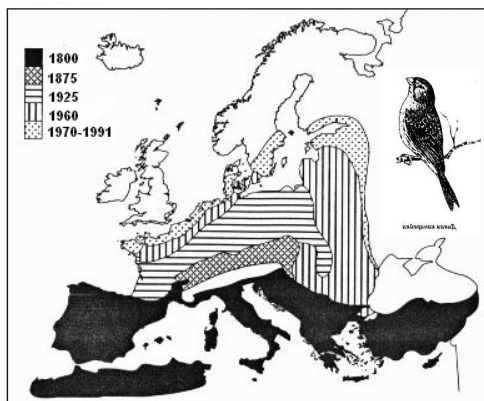


Рис. 137. Расширение гнездового ареала к северу у канареечного выюрка в период с 1800 по 1991 гг. (по: Olsson, 1969)

На Куршской косе в большую ловушку 28 мая 1992 г. впервые в России попала субальпийская славка (самка), которая обычно обитает в странах Средиземноморья. Позже на протяжении нескольких лет в те же ловушки попало еще несколько особей, главным обра-

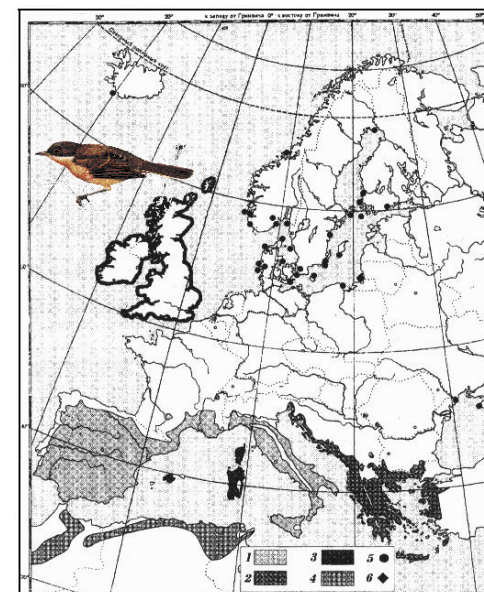


Рис. 138. Расселение субальпийской славки к северу с 1951 по 1995 гг. (1-4 гнездовой ареал разных подвидов субальпийской славки, 5 – отдельные встречи птиц, 6 – поимки птиц на Куршской косе; по: V.M. Loskot, L.V. Sokolov, V.A. Payevsky, 1999)

зом, весной. Этот вид имеет явное стремление к расширению ареала к северу. Нам удалось найти сведения (за период с 1951 по 1995 гг.) о находках 435 особей этого вида к северу от его гнездового ареала, большинство – в Англии, Дании и Швеции, хотя отдельные экземпляры были обнаружены в Финляндии и даже Норвегии (рис. 138). Проанализировав данные по изменению температуры воздуха в этих странах во второй половине XX в., мы пришли к выводу, что наиболее частые залеты этой субальпийской славки к северу наблюдались в годы с теплой и ранней весной. Этот вид пока не гнездится в указанных выше странах, видимо, из-за того, что вероятность встречи самца и самки для образования пары в этих весьма удаленных от гнездового ареала районах пока очень мала.

Известный специалист О.В. Митропольский в своей статье «Вековое потепление климата и изменение ареалов птиц и млекопи-

тающих в Средней Азии» (2008) пишет, что азиатскими орнитологами были выявлены несколько тенденций изменения ареала разных видов. В первую группу входят виды, для которых характерны нерегулярные появления отдельных особей в Средней Азии, севернее их основных ареалов обитания – это индийская змеешейка, фламинго, султанская курица, сенегальский рябок, хохлатая кукушка и некоторые др. Возможно, у этих видов начинается первый этап освоения новых территорий. Для второй группы видов характерно периодическое локальное гнездование отдельных особей или изолированных популяций севернее основного ареала. К ним автор относит индийского украшенного чибиса, бегунка и свиристелевого сорокопута, которые распространяются по долинам и низовьям среднеазиатских рек. Свиристелевый сорокопут впервые был найден в Средней Азии в 1960 г. в долине Теджена, сейчас он достаточно обычный гнездящийся вид в указанном районе и в долине Мургаба. Расширение ареала этого южного теплолюбивого вида автор связывает с общим потеплением климата в регионе. Расширение ареала к северу наблюдается и у таких южных видов как нитехвостая ласточка, майна, длиннохвостый сорокопут, черный чекан и некоторых других. В третьей группе видов, связанных, в первую очередь, с низогорными и среднегорными ландшафтами (пустынная куропатка, выюровый жаворонок, афганский земляной воробей), в настоящее время наблюдается сокращение площадей среднеазиатской части их ареалов в связи с потеплением и прогрессивной аридизацией Туранской низменности. Этот процесс начался с фрагментации среднеазиатской части их ареалов с выделением и исчезновением отдельных локальных реликтовых изолятов, постепенно угасающих и исчезающих. В четвертой группе видов наблюдается сокращение ареала и отступление к северу южной границы их распространения – это, главным образом, жаворонки (черный, белокрылый и степной рогатый). Основной ареал у этих видов в



негорными ландшафтами (пустынная куропатка, выюровый жаворонок, афганский земляной воробей), в настоящее время наблюдается сокращение площадей среднеазиатской части их ареалов в связи с потеплением и прогрессивной аридизацией Туранской низменности. Этот процесс начался с фрагментации среднеазиатской части их ареалов с выделением и исчезновением отдельных локальных реликтовых изолятов, постепенно угасающих и исчезающих. В четвертой группе видов наблюдается сокращение ареала и отступление к северу южной границы их распространения – это, главным образом, жаворонки (черный, белокрылый и степной рогатый). Основной ареал у этих видов в

Средней Азии приурочен к зоне северных пустынь, полупустынь и степей. Таким образом, заключает Митропольский, в Средней Азии под влиянием прогрессирующего потепления и связанной с этим аридизацией ландшафтов наметились несколько тенденций изменения ареалов, общих и для птиц, и для ряда млекопитающих (сайгак, индийский медоед, афганская лисица, дикобраз, туркестанская крыса, бухарская полевка, рыжеватая пищуха и др.), и, видимо, других видов наземных животных. Указанные выше виды являются биологическими индикаторами изменения климата и могут быть использованы в системе национальных программ мониторинга.

Отечественный исследователь А.И. Кошелев проанализировал европейские данные по изменению численности и распространению лебедя-шипуна, начиная с 1920 г. Согласно этим данным уже в конце 1920-х и начале 1930-х наметилась явная тенденция к увеличению численности этого вида на гнездовании в таких странах как Австрия и Швеция (рис. 139). Наиболее быстрый рост численности этого вида в целом ряде европейских стран пришелся на 60-е и 70-е гг. прошлого столетия. Ряд исследователей предполагает, что на значительный рост популяций у лебедя-шипуна прежде всего повлияли общее потепление климата и эвтрофикация (зарастание водорослями) многих водоемов в Европе.

По данным литовских исследователей, у целого ряда видов, которые исторически гнездились в восточных регионах Балтийского

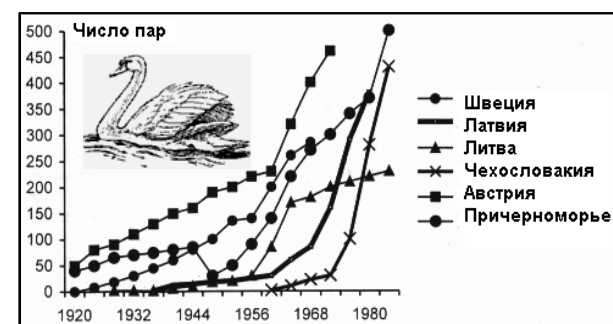


Рис. 139. Рост численности гнездовых популяций у лебедя-шипуна в восточной Европе (по: А.И. Кошелев, 1991)



моря, места обитания смещаются в восточном и северо-восточном направлениях – в Скандинавию и Россию. Главную причину такого смещения авторы видят в современном потеплении климата, которое ухудшает условия обитания многих видов в южной и центральной частях их ареала и улучшает в северных и восточных его частях.

Я.Н. Минеев (1999), который исследовал распределение водоплавающих в тундре в европейской части России тоже пришел к выводу, что на распределение мно-

гих видов повлияло глобальное изменение климата. Согласно его данным некоторые виды (лебедь-кликун, кряква, обыкновенный гоголь) расширили свой ареал к северу, у других видов (морянка, синьга) южная граница ареала сместилась к северу.

Изменение климата может оказывать сильное влияние не только на расширение ареала, благодаря увеличению подходящих для жизни птиц территорий, но и на его сокращение, из-за того, что некоторые районы, иногда значительные по площади, становятся мало-пригодными для птиц. Некоторые исследователи предсказывают, что продвижение бореальных лесов к северу в тундру приведет к существенному сокращению гнездового ареала у многих арктических видов, к примеру, у кулика-песочника, гуменника и др.

По данным ряда исследователей, белые аисты из Центральной и Южной Европы в последние десятилетия постепенно смещают свои места гнездования к северу, вероятно, из-за усиливающейся засухи в этих регионах. Согласно этим исследователям, число гнездящихся пар аистов заметно уменьшилось в Турции, Греции, Югославии, Болгарии и увеличилось в Литве, Латвии, Эстонии и России. В настоящее время сокращается численность популяций аистов в Западной Африке, Румынии, Хорватии, Словении, Австрии, Герма-

нии (особенно в западной ее части), Польше. В Молдове и Белоруссии численность популяций этого вида остается стабильной.

Разную направленность в изменении численности популяций регистрируют и у черной крачки. Если в Западной и Центральной Европе ее численность падает, поскольку условия обитания для этого вида здесь ухудшаются, то в Финляндии и Эстонии, наоборот, численность увеличивается, благодаря становлению более оптимальных условий для обитания. Существенные изменения в численности популяций наблюдаются также у озерной чайки. По данным латвийских орнитологов численность популяций этого вида в Латвии постоянно росла до 1981 г., затем стала существенно снижаться. В 1993 г. число гнездящихся пар озерной чайки составляло только 53% от числа пар, зарегистрированных в 1986 г. Уменьшается численность этого вида и в других странах Восточной Европы. Тогда как в более центральных и восточных частях ареала (в Молдове, Украине, Белоруссии и России), численность этого вида остается стабильной или даже увеличивается.

В литературе приводятся интересные данные по изменению ареала обитания у дятлов в Европе. Согласно им, численность многих центральноевропейских популяций дятлов (среднего пестрого, белоспинного, седоголового, зеленого) сокращается, из-за ухудшения условий их жизни в связи с глобальным потеплением. В то же время на севере их ареала численность растет. Так, в Латвии, Швеции, Эстонии и Финляндии редкий ранее седоголовый дятел постепенно становится обычным видом. Средний пестрый дятел начал достаточно быстро расселяться к северу с 1970-х гг. В 1993 г. в Латвии уже гнездилось около 1500–2000 пар этого вида. На Куршской косе в большие ловушки тоже больше стало попадать средних пестрых дятлов.



Численность белоспинного дятла в Латвии достигла 2000 пар, возможно, это наибольшая численность данного вида, зарегистрированная в XX в. Заметно увеличилась численность и северного трехпалого дятла, южная граница ареала которого смещается к северу Латвии.

В Центральной и Западной Европе заметно снизилась численность некоторых болотных птиц, включая дроздовидную камышевку. Специалисты обсуждают, связано ли это с ухудшением условий в местах зимовки этих видов в Африке, или же причина заключается в изменении условий на местах гнездования. Однако в более северных странах (Швеции, Эстонии, Латвии, России) численность гнездовых популяций этого вида в последние десятилетия растет. Следовательно, в настоящее время в Северной Европе складываются более благоприятные для гнездования этого вида условия, нежели в Центральной и Южной Европе.



В настоящее время к северу заметно расширяется ареал и у горихвостки-чернушки. Об этом свидетельствуют данные по все более частым отловам птиц в большие ловушки на побережье Балтийского моря и Ладожского озера. Этот вид стал залетать в Прибалтику и в Финляндию в 1960-е гг., а регулярно гнездиться в 1970-е гг. К концу 1970-х гг. вид распространился к северу в Скандинавию примерно до 59-й параллели, пишут в статье, посвященной горихвостке-чернушке, Н.П. Иовченко и Г.А. Носков (1995). В последнее десятилетие отмечены залеты этого вида в Вологодскую (данные А.В. Кузнецова, 2000), Мурманскую (А.С. Гилязов, 2000) и Архангельскую (Н.В. Лапшин, 2004) области. Согласно этим и нашим данным, даты весенних регистраций горихвосток-чернушек в ходе экспансии существенно сдвинулись на более ранние сроки, в первую очередь, из-за повышения весенних температур воздуха в последние десятилетия в Прибалтике и на Северо-Западе России.

Возможно, горихвостка-чернушка принадлежит к числу тех видов, считают Н.П. Иовченко и Г.А. Носков, современная экспансия которых в высокие широты отражает процесс восстановления бывших частей их ареалов, утраченных в последнюю малую ледниковую эпоху.

Сходные процессы по изменению ареалов у птиц наблюдаются в США и Канаде. Так, с 2000 по 2005 гг. в штате Нью-Йорк тысячи волонтеров занимались составлением подробного атласа обитания птиц. Затем полученные данные были сравнены с результатами такого же исследования, проведенного с 1980 по 1985 гг. Оказалось, что многие виды птиц стали жить намного севернее, чем раньше. Некоторые переместили границы своего обитания на целых 65 километров к северу. Но беспокойство ученых в гораздо большей мере было вызвано данными о том, что южные границы обитания некоторых видов птиц Канады и севера США смещаются на север гораздо быстрее. В частности, на север перебираются сосновые чижи и красногрудые дятлы, являющиеся самыми распространенными птицами в рассматриваемых регионах.

Дальнейшее потепление климата, если таковое будет происходить в будущем, должно существенно изменить границы ареала, как северные, так и южные, у многих видов птиц.

Стали ли птицы зимовать ближе к местам гнездования

В последние десятилетия часть птиц у некоторых видов (славка-черноголовка, пеночка-теньковка) сменила традиционную зимовку во Франции, Испании, Португалии и Северной Африке на зимовку в Великобритании. Считается, что это связано в первую очередь с потеплением климата в зимний период в Британии. Таким образом, представители этих видов стали зимовать значительно ближе к местам своего гнездования в Центральной Европе. Некоторые континентальные виды, такие как малая белая цапля, которые ранее были редкими визитерами в Британии, теперь не только зимуют, но и гнездятся в Британии.



Вольфганг Фидлер с коллегами (2005) в специальном обзоре, посвященном влиянию климата на миграционное поведение птиц, проанализировал многолетние данные находок окольцованных перелетных птиц в районе их зимовки в Европе. У пяти видов (чибиса, зеленушки и др.) обнаружено значимое уменьшение дистанции осенней миграции, т.е. птицы стали зимовать в последние два десятилетия ближе к местам своих зимовок, чем раньше. К сходным выводам пришли и другие европейские исследователи, анализируя данные находок окольцованных птиц у таких видов как белый аист, лебедь-шипун, криквя, лысуха, сизая и речная чайки, серая ворона. Уменьшение дистанции осенней миграции отмечено и в Северной Америке у снежного гуся.

Все эти изменения в пространственном распределении птиц в районе зимовки ученые связывают, в первую очередь, с современным потеплением климата. Более мягкие зимы с малым количеством снега и более высокой температурой воздуха в Европе дают возможность многим перелетным видам, питающимся семенами, ягодами и другим растительным кормом, находить необходимую пищу значительно ближе к местам гнездования, нежели это происходило в периоды, когда устанавливались холодные и многоснежные зимы. Например, в Санкт-Петербурге в последние десятилетия многие криквы остаются зимовать в городе, поскольку Нева и Финский залив полностью не замерзают и утки имеют возможность кормиться на открытой воде, однако в середине XX в., не говоря уже о предыдущих холодных веках (XVII-XIX), все утки вынуждены были мигрировать в Голландию и южнее. Сейчас у большинства уток миграционное состояние, если так можно выразиться «заблокировано», однако в случае заметного похолодания климата в Балтийском регионе, когда реки и большая часть заливов будет замерзать, утки опять начнут улетать на зимовку в более теплые регионы.

В любой популяции за счет полиморфизма (многообразия) всегда сохраняются удачные генетические программы, поэтому перестройка одной формы поведения на другую может происходить достаточно быстро. Орнитологам хорошо известны примеры, когда птицы меняли перелетный образ жизни на оседлый и наоборот. Так, например, в Англии и Норвегии популяции скворца, зарянки и чер-

ноголовой славки стали вести оседлый образ жизни во второй половине XX в., хотя раньше они были вынуждены улетать на зиму в более теплые страны. Если в будущем, как прогнозируют некоторые климатологи, теплое течение Гольфстрим отклонится от берегов этих стран, из-за массового таяния арктических льдов, то климат зимой станет слишком суровым для указанных выше видов птиц, и они вновь станут перелетными. За свою длинную эволюцию в сотни тысяч лет виды неоднократно меняли свой образ жизни под воздействием постоянных колебаний климата на нашей планете.

В XX веке произошло изменение границ ареала у целого ряда видов птиц. У одних видов северная граница обитания продвинулась еще дальше к северу, у других в том же направлении сместилась и южная граница. Некоторые виды расселились далеко к западу, другие – к востоку. У ряда перелетных видов уменьшилась дальность миграций, они стали зимовать заметно ближе к району гнездования. Многие из этих изменений ареала обитания у птиц исследователи связывают с современным потеплением климата. Это вполне закономерно, поскольку такие серьезные климатические изменения, которые происходили в прошлом веке и продолжаются в настоящее время, не могли не отразиться, как на самом характере перемещений птиц, так и на их распространении в пространстве. Для более северных популяций потепление климата приносит больше пользы, нежели вреда, поскольку позволяет птицам не только освоить новые, ранее мало пригодные для жизни, территории, но и существенно увеличить свою численность, что в большинстве случаев выгодно для выживания вида. От потепления больше страдают южные популяции птиц, вынужденные сокращать свою численность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многочисленные метеорологические факты свидетельствуют о том, что в XX веке климат на Земле заметно потеплел, по сравнению с XIX веком. Явилось ли причиной последнего глобального потепления индустриальная деятельность человека, неизвестно ученым до сих пор. Существуют только гипотезы на этот счет. Если большинство западных климатологов склонны считать главной причиной современного потепления климата увеличение выбросов углекислого газа и других парниковых газов в атмосферу Земли в результате активной человеческой деятельности, то многие российские специалисты предпочитают объяснять повышение температуры на планете естественными причинами, которые существовали на Земле задолго до появления современной техногенной цивилизации. Надо сказать, что выяснение истинных причин глобального потепления чрезвычайно важно для всех жителей нашей планеты. Если действительно в разогреве атмосферы и Мирового океана виноват человек, то необходимо срочно что-то предпринимать, чтобы если не остановить, то хотя бы замедлить этот процесс. Ведь последствия дальнейшего потепления климата могут быть просто катастрофическими для большей части населения планеты. Вследствие этого многие западные и некоторые отечественные специалисты добиваются дальнейшего ограничения выбросов парниковых газов как развитыми, так и развивающимися странами мира. На это был нацелен и последний саммит ООН по вопросам изменения климата в Копенгагене (2009), на котором планировалось подписание многими странами обязательств по сокращению вредных выбросов в атмосферу. Однако поскольку такие мероприятия могут привести к сдерживанию темпов промышленного роста, ряд стран, в первую очередь США и Китай, на которые приходится наибольшее количество этих выбросов, отказались брать на себя такие ограничения. В результате на саммите в Копенгагене не удалось подписать официальных документов, наподобие предыдущего Киотского протокола. Россия, однако, взяла на себя обязательства по сокращению вредных выбросов на 25% к 2020 г. по отношению к

уровню 1990 г., независимо от отсутствия общего консенсуса по этому вопросу среди глав государств, присутствующих на саммите.

Однако, если правы сторонники естественных климатических циклов, то никакие дорогостоящие меры не могут остановить глобальное повышение температуры, пока этот процесс сам не пойдет на спад. Ряд специалистов считает, что человеческая деятельность пока, к счастью, не достигла такой мощности, чтобы повлиять на столь глобальные процессы, можно сказать космического масштаба, как долговременные колебания климата. Более того, если по естественным причинам в ближайшем будущем начнется холодный, а не еще более теплый, как предсказывают многие климатологи, период истории Земли (а для этого есть определенные доказательства – см. главу 1), то надо готовить совершенно иной сценарий по спасению нашей цивилизации. Пока мы находимся на распутье и толком не знаем к чему готовится необходимо продолжать мониторинг за состоянием климата. Только он может прояснить ситуацию и дать ответ на важнейший вопрос современности – куда направлен климатический вектор. Но это задача климатологов.

Основной же задачей биологов является анализ последствий изменения климата для биоты Земли, независимо от того, по каким причинам происходят эти изменения. И здесь, благодаря многолетнему мониторингу за различными биологическими объектами, учеными достигнут значительный прогресс. Удалось установить, что современное потепление климата отразилось существенным образом на жизни совершенно разных организмов – от простейших до высокоразвитых растений и животных, включая и самого человека. У многих видов организмов под влиянием увеличения сезонных температур воздуха и воды сдвинулись на более ранние календарные сроки разные стадии их жизненных циклов. В Северном полушарии стали раньше зацветать многие виды растений, сместились сроки появления насекомых, существенно изменились сроки миграции рыб, птиц и млекопитающих. Это привело во многих случаях к увеличению, а в ряде случаев – к уменьшению успешности размножения, а, соответственно, и численности тех или иных видов и популяций. К примеру, если численность популяций птиц в Северной и Восточной Европе в период потепления климата, как правило, увеличивается, то в стра-

нах Западной и Южной Европы она, наоборот, сокращается из-за ухудшения кормовой базы в районах гнездования и зимовки. Изменение климата отразилось и на распространении многих видов растений и животных. Потепление в северных регионах привело к заметному расселению популяций и расширению ареала у целого ряда видов. Претерпели изменения и южные границы обитания у разных видов. И все это происходило относительно быстро, можно сказать на глазах одного поколения людей. Ведь подавляющее большинство видов растений и животных за свою многотысячную историю существования неоднократно сталкивалось как с периодами глобального похолодания, так и потепления на Земле. В генофонде вида давно уже закреплены полезные мутации, которые позволяют организмам достаточно быстро адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям. Для выживания вида важно, чтобы эти изменения климата не были слишком быстрыми и масштабными, как это наблюдалось в истории Земли неоднократно, например, при взрывах супервулканов и падении больших астероидов.

Человечество тоже может создать для большинства ныне живущих видов катастрофическую ситуацию для выживания, например, в случае глобальной термоядерной войны или при массовом истреблении таких важных структурообразующих элементов биоты, как первичные леса, в первую очередь — в северной и тропической зонах. В случае истребления лесов человек действительно может существенно изменить климат на планете в худшую сторону, о чем предупреждают многие ответственные ученые. Остается надеяться, что человечество наконец спохватится и остановит свою разрушительную деятельность в этом направлении. Недаром на саммите в Копенгагене развитые страны приняли решение о ежегодном выделении на протяжении последующих трех лет по 30 млрд., а затем до 2020 г. — 100 млрд. долларов тем странам, которые ограничат масштабную вырубку тропических лесов. Это намного более важное решение, нежели мероприятия по ограничению выбросов парниковых газов в атмосферу. Человечество должно четко понимать, что сохранение функционирующей по своим законам сложно устроенной биосферы на планете есть единственная гарантия сохранения самого человека. В случае ее разрушения, предсказывают специалисты, климат Земли

будет напоминать либо климат, существующий на горячей Венере, либо на холодном Марсе. Ни то, ни другое не подходит для существования высокоорганизованных форм жизни.

Краткий словарь терминов

Айсберг – плавучая масса льда больших размеров, оторвавшаяся от материкового или шельфового ледника. Из районов возникновения айсберги могут выноситься до широт порядка 50–40°. В Арктике айсберги в среднем имеют высоту 70 м над уровнем моря, длиной до нескольких километров; в Антарктиде – 100 м, в отдельных случаях до 450 м, длиной до нескольких десятков километров. Антарктические айсберги могут существовать до 10 лет и более. От 5/6 до 9/10 массы айсберга находится под водой, в зависимости от объема микровключений воздуха в лед.

Альbedo Земли – процентное отношение солнечной радиации, отданной земным шаром (вместе с атмосферой) обратно в мировое пространство к солнечной радиации, поступившей на границу атмосферы. Отдача солнечной радиации Землей складывается из отражения от земной поверхности, рассеяния прямой радиации атмосферой в мировое пространство (обратного рассеяния) и отражения от верхней поверхности облаков. Характеристика отражательной способности поверхности почвы, воды, снега, растительности, облаков может меняться. Альbedo Земли в видимой части спектра (визуальное) составляет около 40%, при отсутствии облаков оно составляло бы около 15%.

Антропогенный – термин, указывающий на отношение понятия к человеку (*антропогенный фактор, антропогенный период*).

Ареал – часть земной поверхности (территории или акватории), в пределах которой распространен вид. Обычно площадь ареала ограничивают сплошной линией, которая соединяет крайние точки обитания вида. Ареал называется сплошным, если вид встречается во всех подходящих для него местообитаниях в пределах ареала. Иногда у границы своего ареала вид заселяет обособленные участки, которые называются островными местонахождениями. Если ареал рас-

падается на несколько разобщенных территорий, настолько удаленных друг от друга, что обмен семенами или спорами между растениями или особями животных невозможен, его называют прерывистым или дизъюнктивным. У мигрирующих животных выделяют гнездовую и зимовочный ареалы.

Астероид – небольшое планетоподобное небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца. Одним из способов классификации астероидов является определение размера. Действующая классификация определяет астероиды как объекты с диаметром более 50 м, отделяя их от метеорных тел, которые выглядят как крупные камни или могут быть еще меньше. На настоящий момент в Солнечной системе обнаружены десятки тысяч астероидов. Большинство известных на данный момент астероидов сосредоточено в пределах пояса астероидов, расположенного между орбитами Марса и Юпитера.

Атмосфера – воздушная оболочка Земли. Атмосфера состоит из смеси ряда газов – воздуха, в котором взвешены коллоидные примеси – пыль, капельки, кристаллы и пр.

Аэрозоль – коллоидная система, где в газообразной среде взвешены (диспергированы) частички твердых или жидких веществ. Аэрозоли с жидкими частичками называют *туманами*, с твердыми частичками – *дымами*. Атмосферный аэрозоль в основном представлен пылью земного и космического происхождения, дымами лесных пожаров, вулканических извержений, индустриального происхождения и т.п., а также продуктами конденсации – водяными каплями и ледяными кристаллами и др.

Биосфера – оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов.

Биота – исторически сложившаяся совокупность живых организмов, объединенных общей областью распространения. В отличие от био-

ценоза, может характеризоваться отсутствием экологических связей между видами.

Бореальные виды – виды растений и животных, распространенные в умеренной зоне Северного полушария.

Брикнеровский цикл – по Ю. Брикнеру (1890) многолетнее колебание климата, выражающееся в смене теплых и сухих периодов холодными и влажными со средним интервалом между двумя последовательными максимумами 35 лет. В отдельных случаях продолжительность цикла может колебаться от 25 до 50 лет.

Вечная мерзлота – слои промерзшей почвы, не оттаивающей летом, мощностью от 1–2 м и до сотен метров. Вечная мерзлота в России занимает около 47% всей площади страны. Обширные районы заняты вечной мерзлотой и в Северной Америке.

Внутритропическая Зона Конвергенции – переходная зона между пассатами (воздушные течения в тропосфере, в основном восточные, захватывающие большие пространства океанов между 25–30° широты и экватором в каждом полушарии) Северного и Южного полушарий. Конвергенция (ослабление скорости ветра) и возникновение волновых и вихревых возмущений создают в этой зоне режим переменных ветров и усиливают развитие атмосферной конвекции (перемещение воздуха с одних уровней на другие). В этой зоне наряду со штилями, часты шквалы, а также возникают тропические циклоны.

Водяной пар – вода в газообразном состоянии, постоянно содержащаяся в атмосферном воздухе. Водяной пар поступает в атмосферу путем испарения с поверхности воды и влажной почвы, а также путем транспирации (испарения воды) растениями. Водяной пар конденсируется, образуя облака и туманы. Содержание его в воздухе переменное. У поверхности земли водяной пар занимает по объему около 0.2% в полярных широтах и до 2.6% у экватора. С высотой содержание пара быстро падает, убывая наполовину уже на высоте около 1.5–2 км. Водяной пар составляет большую часть парниковых газов.

Гетеротрофные организмы – организмы, использующие в качестве источника углерода внешние (экзогенные) органические вещества. К гетеротрофным организмам относятся все животные, грибы, большинство бактерий, а также бесхлорофилльные наземные растения и водоросли. Им противопоставляют *автотрофные организмы*, использующие для жизни CO_2 в качестве главного источника углерода (наземные зеленые растения, водоросли, некоторые бактерии – фототрофные и хемоавтотрофные).

Глобальность атмосферных процессов – колебания общей циркуляции атмосферы Земли (*глобальное потепление, глобальное похолодание, глобальная температура Земли*).

Закисление водоемов – подкисление воды в результате выпадения кислых атмосферных осадков, механизм образования которых связан с вымыванием из атмосферы окислов азота и серы, образующихся при сжигании ископаемого топлива и других видах хозяйственной деятельности человека. Подкислению воды сопутствует повышение концентрации токсических металлов, таких как алюминий, марганец, кадмий, свинец, ртуть, за счет их высвобождения из почв и донных осадков. В озерных водах с повышенной бикарбонатной щелочностью образуются дополнительные количества свободной угольной кислоты, оказывающей токсическое действие на водные организмы. При подкислении озерной воды резко снижается общая биомасса водных организмов и величина первичной продукции водоема, происходит уменьшение видового разнообразия биоценозов. Прежде всего, исчезают многие виды, являющиеся важными элементами кормовой базы ценных промысловых рыб. Кислотные дожди сказываются также на воспроизводстве рыб. В ряде озер в России в результате закисления прекратилось воспроизводство популяций рыб, и они постепенно вымирают.

Зональный тип циркуляции (зональный перенос) – перенос воздуха в общей циркуляции атмосферы над той или иной зоной или над всем земным шаром с зональной (западной или восточной) составляющей ветра, резко преобладающей над меридиональными составля-

ющими. Перемещающиеся циклоны и антициклоны при этом движутся, как правило, в том же направлении. Выделяют циркуляционные эпохи, они же климатические, поскольку климат определяется общей циркуляцией атмосферы. Их период длительностью 20–35 лет характеризуется превышением над нормой повторяемости либо зональных, либо меридиональных типов циркуляции.

Зоопланктон – совокупность животных, населяющих толщу морских и пресных вод и пассивно переносимых течениями. Зоопланктон заселяет всю толщу вод до максимальных глубин. В морском зоопланктоне доминируют различные ракообразные, многочисленные простейшие, кишечнополостные крылоногие моллюски, оболочники, икра и личинки рыб, личинки многих беспозвоночных, в том числе донных. В пресноводном зоопланктоне наиболее многочисленны веслоногие и ветвистоусые рачки и коловратки (см. также *Планктон*, *Фитопланктон*).

Изотопы – формы химического элемента, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов. Обладают одинаковыми химическими, но разными физическими свойствами. Существуют устойчивые (стабильные) и неустойчивые (радиоактивные) изотопы.

Инвазионные виды – в данной книге это виды животных, которые совершают нерегулярные дальние перемещения (лемминги, клесты, кедровка, синица-московка, ополовник и некоторые др.). В перемещениях принимают участие преимущественно молодые особи, взрослые, как правило, ведут оседлый образ жизни. В литературе инвазионными сейчас чаще всего называют чужеродные (инвазивные) виды, которые внедряются в регион, где их раньше не было, и остаются там жить. Это другое понятие.

Индукция цветения – ускорение момента зацветания, более дружное цветение и повышение числа цветков на растении. Данное явление наблюдается у широкого круга культур, но наиболее ярко и наглядно оно продемонстрировано на цветочных и декоративных культурах.

Киотский протокол – международный документ, принятый в Киото (Япония) в декабре 1997 г. в дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Он обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов в 2008–2012 гг. по сравнению с 1990 г. По состоянию на 26 марта 2009 г. протокол был ратифицирован 181 страной мира (на эти страны совокупно приходится более чем 61 % общемировых выбросов). Заметным исключением из этого списка являются США. Первый период осуществления протокола начался 1 января 2008 г. и продлится пять лет до 31 декабря 2012 года, после чего, как ожидается, на смену ему придет новое соглашение. Предполагалось, что такое соглашение будет достигнуто в декабре 2009 г. на конференции ООН в Копенгагене, но этого не произошло из-за разногласий между развитыми и развивающимися странами.

Климат – статистический режим колебаний состояния атмосферы с короткими флуктуациями (до года), испытывающий колебания с длинными периодами (порядка десятилетий, столетий, тысячелетий).

Климат аридный – характеризуется преобладанием испарения над атмосферными осадками, что создает дефицит влаги. Это сухой климат с высокими температурами воздуха и малым количеством атмосферных осадков (в пустынях и полупустынях).

Климат гумидный – характеризуется преобладанием атмосферных осадков в виде воды над испарением, что ведет к избыточному увлажнению.

Климатическая зональность – закономерное распределение по поверхности Земли ландшафтно-климатических поясов, возникающее в связи с экваториально-полярным температурным градиентом.

Климатический оптимум – исторический период, в котором температура воздуха была выше современной на большей части земного шара (в Арктике – на несколько градусов, в умеренных широтах –

на 1–1.5°C). Данный период характеризовался сильным отступанием ледников, таянием ледяных щитов и повышением уровня Мирового океана.

Климатический цикл – колебания климата в течение многолетнего промежутка времени, повторяющиеся с известной регулярностью, однако не строго периодически.

Климатологический прогноз – долгосрочный прогноз погоды, исходящий из климатологических данных. В качестве прогноза принимаются данные о состоянии и распределении метеорологических элементов (температура, влажность и др.) в рассматриваемый период года (сезон, месяц и т.д.) и о вероятностях наступления тех или иных их значений, которые могут быть получены из статистической обработки наблюдений за прежние годы.

Лед шельфовый – многолетний припай, на котором накопилось много снега, его кромка обычно представляет собой ледяную стену. Высота шельфового льда в Антарктиде составляет в среднем 30–40 м над уровнем моря, местами до 250 м.

Ледник – природное образование, состоящее в основном из глетчерного льда (конечного продукта превращения снежного покрова).

Ледниковый период – историческое время особо сильного развития ледников в виде покровного оледенения, покрывающего громадные пространства земного шара.

Литосферные плиты – это крупный стабильный участок земной коры, часть литосферы. Согласно теории тектоники плит, литосферные плиты ограничены зонами сейсмической, вулканической и тектонической активности – границами плиты. Границы плит бывают трех типов: дивергентные, конвергентные и трансформные. Из геометрических соображений в одной точке могут сходиться только три плиты. Конфигурация, в которой в одной точке сходятся четыре или

более плит, неустойчива, и быстро разрушается со временем. Существует два принципиально разных вида земной коры – кора континентальная и кора океаническая. Некоторые литосферные плиты сложены исключительно океанической корой (например, крупнейшая тихоокеанская плита), другие состоят из блока континентальной коры, впаянного в кору океаническую. Литосферные плиты постоянно меняют свои очертания, они могут раскалываться в результате рифтинга и спаиваться, образуя единую плиту в результате коллизии. Литосферные плиты также могут тонуть в мантии планеты, достигая глубины ядра Земли. С другой стороны, разделение земной коры на плиты не однозначно, и по мере накопления геологических знаний выделяются новые плиты, а некоторые границы плит признаются несуществующими. Более 90% поверхности Земли покрыто 13-ю крупнейшими литосферными плитами.

Межледниковая эпоха (пауза) – часть периода с более мягким климатом, чем во время оледенения.

Метеорит – метеоритами называют остатки наиболее крупных метеорных тел. Они разделяются на железные, каменные и железо-каменные. Кремний, железо, магний и кислород составляют 93% всей массы метеорита. Крупные метеориты массой в сотни и тысячи тонн и с очень высокими скоростями (больше 3.5 км/с в момент падения) падают на Землю очень редко (тунгусский, сихотэ-алинский и др.).

Меридиональная циркуляция – совокупность направленных по меридианам составляющих движения воздуха над земным шаром или частью его. Меридиональная циркуляция осуществляет междуширотный обмен воздуха.

Метан (CH₄) – бесцветный газ, не имеющий запаха, является главной составной частью болотного газа. Поступает в атмосферу в результате разложения органической материи, а также из земной коры. Входит в состав так называемых парниковых газов. В атмосфере разлагается озоном.

Мировой океан – совокупность морских вод земного шара, имеющая единую поверхность. Это гидросфера Земли, за исключением вод суши – рек, озер и пр.

Мониторинг – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы или ее отдельных элементов.

Осморегуляция – совокупность физико-химических процессов, обеспечивающих относительное постоянство концентрации осмотически активных веществ во внутренней среде организма животных. Способность к осморегуляции в различной степени свойственна большинству животных (пресноводным и наземным беспозвоночным организмам, морским позвоночным, земноводным и др.).

Палеодеондрологический метод – использование растений для анализа изменения климата в прошлом. По ширине и плотности колец деревьев можно судить о погодных условиях года. Кольца нарастают каждый год. Из стволов специальными бурами высверливают цилиндрические керны. Их шлифуют, а затем изучают. Древесина вырастает плотнее в благоприятных условиях, то есть при более теплом климате. Структура окаменевшего дерева изучается под микроскопом в шлифах. Можно исследовать клеточное строение древесины, сердцевинные лучи и годовые кольца. По сохранившимся окаменелостям (фитоморфозам) можно определить вид и род дерева, по ширине годовых колец и асимметричному положению сердцевины можно распознать южную и северную стороны ствола. Окаменелые деревья помогают проследить эволюцию того или иного вида растений, могут дать информацию о времени произрастания древних лесов и возрасте пород, а также о климате далекого прошлого. О климате прошлого можно узнать и по составу ископаемого торфа, донных отложений озер (в основном по остаткам древних растений и особенно диатомовых водорослей – т.н. диатомовый анализ).

Парниковые газы – газы, которые предположительно вызывают глобальный парниковый эффект. Основными парниковыми газами, в порядке их оцениваемого воздействия на тепловой баланс Земли, являются водяной пар, углекислый газ, метан, озон, сульфурпфторид, галоуглероды и оксид азота.

Водяной пар – основной естественный парниковый газ, ответственный более, чем за 60 % парникового эффекта. Прямое антропогенное воздействие на этот источник незначительно. В то же время, увеличение температуры Земли, вызванное другими факторами, увеличивает испарение и общую концентрацию водяного пара в атмосфере при практически постоянной относительной влажности, что, в свою очередь, повышает *парниковый эффект*.

Парниковый эффект (атмосферы) – защитное действие атмосферы в процессе лучистого теплообмена Земли с мировым пространством. Атмосфера хорошо пропускает к земной поверхности солнечную радиацию, но длинноволновое излучение земной поверхности сильно поглощается атмосферой (преимущественно водяным паром). Нагретая таким образом атмосфера посылает к земной поверхности встречное излучение, в значительной мере компенсирующее радиационную потерю тепла земной поверхностью. В отсутствие атмосферы средняя температура земной поверхности была бы -23°C, в действительности она +15°C.

Планктон – совокупность организмов, населяющих толщу воды континентальных и морских водоемов и не способных противостоять переносу течениями. В состав планктона входят бактерио-, фито- и зоопланктон. В пресных водах различают озерный (лимнопланктон) и речной (потамопланктон) планктон. Наибольшее видовое разнообразие планктона наблюдается в тропических водах океана. Размеры планктонных организмов колеблются от миллиметра и меньше до нескольких метров. Выделяют наннопланктон (бактерии, самые мелкие одноклеточные водоросли), микропланктон (многочисленные водоросли, простейшие, коловратки), мезопланктон (многочисленные рачки и другие организмы меньше 1 см), макропланктон (креветки, медузы и др. подобные организмы) и мегапланктон (немногие крупные животные, например, гребневик венерин пояс длиной до 1.5 м, некоторые виды медуз – до 2 м и др.).

Погода – непрерывно меняющееся состояние атмосферы, характеризующееся совокупностью значений метеорологических элементов (атмосферное давление, температура и влажность воздуха, облачность, осадки, ветер и др.).

Прецессия – поворот земной оси с периодом около 25 750 лет, в результате которого меняется сезонная амплитуда интенсивности солнечного потока на Северном и Южном полушариях Земли. Вследствие прецессии меняется продолжительность сезонов: каждые 10.5 тыс. лет на каждом полушарии короткие зимы сменяются длинными. В этом усматривают одну из причин колебаний климата в геологическом прошлом.

Радиоуглеродный анализ (радиоизотопная датировка) – метод определения абсолютного возраста горных пород, основанный на соотношении начальных и конечных продуктов ядерного распада определенного изотопа.

Регрессия моря – медленное (вековое) отступление моря от берегов, происходящее вследствие поднятия суши, опускания океанического дна или уменьшения объема воды в океаническом бассейне (например, во время ледниковых эпох).

Рифт – линейно-вытянутая щелевидная (на несколько сотен и тысяч км) или ровообразная структура растяжения земной коры, шириной от нескольких десятков до нескольких сотен км, ограниченная разломами.

Рифтообразование – закономерная стадия развития земной коры.

Саморегуляция – в биологии это свойство биологических систем автоматически устанавливать и поддерживать на определенном, относительно постоянном уровне те или иные физиологические или другие биологические показатели (например, численность популяций у животных).

Сахель – тропическая саванна в Африке, которая является своеобразным переходом между пустыней Сахара и южными, более плодородными землями. Сахель главным образом покрыт полями и саван-

нами, с небольшими областями лесов. Сахель протянулся на 3900 км от Атлантического океана на западе, до Красного моря на востоке, в поясе, ширина которого изменяется от нескольких сотен до тысяч километров по ширине; покрывает площадь, равную 3 053 200 км². В Сахеле тропический и жаркий климат, с сильными сезонными изменениями в осадках и температуре. В Сахеле выпадает примерно 200 – 600 мм осадков в год, главным образом с мая по сентябрь (сезон муссонов), в основном в виде сильных, но коротких ливней. Есть сильная корреляция между ливнями в области Сахеля и ураганной деятельностью в Атлантике. Среднемесячные температуры колеблются от 33–36°C летом до 18–21°C зимой. В течение зимы горячие, сухие ветры Сахары могут создавать настоящие «песочные штормы». Около 12 000 лет назад Сахель являлся частью Сахары и был покрыт дюнами. Они и сформировали современный ландшафт. Огромное озеро Чад и Нигерская Внутренняя Дельта являются остатками, сформированными после конца ледникового периода. Самое важное ограничение для жизни в Сахеле — недостаток почвы и воды.

Северо-Атлантическое Колебание (САК) или Осцилляция (NAO) – устойчивые противоположные по фазе колебания атмосферного давления с многомесячной цикличностью на севере (район Исландии) и на юге (Азорские о-ва) северного Атлантического океана. Ежемесячный индекс САК обычно используется в качестве показателя метеорологической ситуации в Европе, Северной Америке и Канаде зимой и ранней весной (в марте). Индекс САК вычисляется как разница между нормализованными показателями атмосферного давления в районе Азорских островов (область высокого давления) и Исландии (область низкого давления) отдельно для каждого месяца. Позитивные показатели САК характеризуют такую погодную ситуацию в Европе зимой и в начале весны, при которой наблюдается выраженный зональный перенос теплых воздушных масс с запада (с Атлантического океана), приводящий к повышению температуры воздуха и уровня осадков в Северной Европе. В Португалии, Испании и Северной Африке, наоборот, высокие показатели индекса связаны с уменьшением уровня осадков в зимний период. В противоположность, негативные показатели САК характеризуют ослабление

западного переноса теплых воздушных масс и усиление меридионального переноса, что приводит к понижению температуры и осадков в северной части Европы. Ежемесячные индексы САК (NAO) архивируются в Национальном океаническом и атмосферном центре (National Oceanic and Atmospheric Administration's Climate Prediction Center) с 1868 г. и доступны на соответствующем сайте Интернета.

Солнечная активность – совокупность физических изменений, происходящих на Солнце. Наблюдению поддаются только проявления солнечной активности в верхних слоях Солнца (солнечные пятна, вспышки, факелы, протуберанцы и др.). В зависимости от этих явлений меняется ультрафиолетовое, рентгеновское и корпускулярное излучение Солнца. Эти изменения влияют на магнитосферы и ионосферы Земли (магнитные бури, полярные сияния и др.). Предполагается влияние солнечной активности непосредственно или посредством высоких слоев атмосферы на циркуляцию в тропосфере и, тем самым, на погоду и климат.

Солнечная радиация (солнечное излучение) – электромагнитная радиация Солнца, распространяющаяся в пространстве в виде электромагнитных волн и проникающая в земную атмосферу. До земной поверхности солнечная активность доходит в виде прямой и рассеянной радиации, она является основным источником энергии атмосферных процессов. Часть прямой солнечной радиации отражается от поверхности Земли и облаков и уходит в космос, рассеянная радиация также частично уходит в космическое пространство. Остальная солнечная радиация в основном переходит в тепло, нагревая земную поверхность и воздух.

Солнечная цикличность – циклические (колебательные) изменения во времени наблюдаемых характеристик солнечной активности, прежде всего – числа солнечных пятен (числа Вольфа). Существуют 11-летние циклы солнечных пятен с действительной длиной интервалов между последовательными максимумами или минимумами от 6 до 17 лет. Более спорно существование «двойного» цикла в 22 года и «векового» 80–90-летнего цикла.

Углекислый газ – угольная кислота или двуокись углерода (CO_2) в газообразном состоянии. Свыше 99% углекислого газа на Земле содержится в растворенном виде в воде океанов. Так как растворимость угольной кислоты сильно зависит от температуры, то изменения температуры поверхности воды приводят к заметным изменениям содержания углекислого газа в воздухе. Углекислый газ возникает в атмосфере в процессах сгорания и тратится на фотосинтез растениями, а также на превращения силикатов в карбонаты при выветривании. Из-за большой поглощающей способности углекислого газа по отношению к длинноволновой радиации удвоение его содержания в атмосфере должно приводить к приросту средней температуры Земли на 3.6°C .

Фенология – наука о сезонных явлениях природы, сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки. Основоположником фенологии считают Р. Реомюра, который в 1735 г. установил зависимость сезонного развития растений от различных метеорологических факторов. При фенологических исследованиях у растений регистрируются наступления сезонных фаз (*фенофаз*) развития – набухание и раскрытие почек, начало и конец цветения, полное созревание плодов и пр.; у животных – пробуждение от спячки, выход взрослых насекомых из куколок, сезонные миграции и пр. Ежегодные данные наблюдений оформляются в виде фенологических таблиц и графиков, которые входят в Календарь (летопись) природы. Пространственная динамика сроков наступления тех или иных фенофаз изображается на фенологических картах. Данные фенологии используются в практике определения оптимальных сроков посадочных или уборочных работ в сельском хозяйстве, при выборе растений-медоносов для пчел, для анализа многолетних климатических изменений и др.

Филопатрия – возвращение животных в район рождения после временного отсутствия в нем (например, в результате миграции в район зимовки).

Фитопланктон – совокупность организмов, населяющих поверхностные морские и пресные воды при достаточной для фотосинтеза освещенности (в морях – в основном до глубин 50–100 м). Морской

фитопланктон состоит по большей части из диатомовых водорослей и жгутиконосцев; пресноводный – из диатомовых, синезеленых (цианобактерий) и некоторых групп зеленых водорослей. Суммарная биомасса фитопланктона невелика по сравнению с биомассой зоопланктона (соответственно 1.5 и более 20 млрд. т), но из-за быстрого размножения его продукция в Мировом океане составляет около 550 млрд. т (почти в 10 раз больше суммарной продукции всего животного населения океана). Обилие фитопланктона зависит от содержания в поверхностном слое биогенных веществ (фосфатов, соединений азота и др.). Фитопланктон – начальное звено большинства пищевых цепей в водоемах, им питаются многие виды зоопланктона. Развитие фитопланктона зависит также от интенсивности освещения, поэтому в холодных и умеренных водах проявляется сезонность в его развитии и наблюдаются колебания его биомассы. Развитие фитопланктона (так называемое цветение воды) в значительной степени зависит от температуры воды – оно более интенсивное и массовое при высоких температурах. При цветении в воде скапливаются выделяемые некоторыми видами токсические вещества, вызывающие массовую гибель пелагических животных.

Фотопериодизм – реакция организмов на суточный ритм освещения (**фотопериод**), т.е. на соотношение светлого (длина дня) и темного (длина ночи) периодов суток, выражающаяся в изменении процессов роста и развития, локомоторной активности и пр. У растений выделяют фотопериодическую реакцию зацветания. В зависимости от реакции на длину дня, которая ускоряет зацветание, растения делятся на длиннопериодные (белена, хлебные злаки и др.), короткопериодные (табак, рис, просо, соя, конопля и др.) и нейтральные (гречиха, горох и др.). У животных фотопериод контролирует наступление и прекращение брачного периода, плодовитость, сроки миграции и линьки, переход к зимней спячке и др. Фотопериодизм генетически обусловлен и связан с биологическими ритмами (*циркадными* – околосуточными и *циркальными* – окологодичными) живых организмов.

Фотосинтез – образование клетками высших растений, водорослей и некоторыми бактериями органических веществ при участии энергии

света. Происходит с помощью пигментов (хлорофиллов и др.), присутствующих в хлоропластах и хроматофорах клеток.

Циклоническая деятельность – возникновение, развитие, перемещение циклонов и антициклонов в атмосфере. *Циклон* – атмосферное возмущение с пониженным давлением воздуха и с циркуляцией воздуха вокруг центра против часовой стрелки в Северном полушарии и по часовой стрелке – в Южном. *Антициклон* – область повышенного атмосферного давления с циркуляцией воздуха вокруг центра по часовой стрелке в Северном полушарии и против часовой стрелки – в Южном.

Циклы Миланковича (названы в честь сербского астрофизика Милутина Миланковича) – колебания количества солнечного света и солнечной радиации на протяжении больших периодов времени. Циклы Миланковича описывают периодически возникающие отклонения инсоляции полушарий от средней за большой период времени в пределах от 5 до 10%. Причиной этих отклонений от средней интенсивности солнечного излучения на Земле являются три эффекта: *прецессия* (поворот земной оси с периодом около 25 750 лет); *нутація* (долгопериодические, так называемые вековые колебания угла наклона земной оси к плоскости ее орбиты с периодом около 41 000 лет) и *эксцентриситета* (долгопериодические колебания орбиты Земли с периодом около 93 000 лет). Поскольку три описанные эффекта являются периодическими с некрратным периодом, регулярно возникают достаточно продолжительные эпохи, когда они оказывают кумулятивное влияние, усиливая друг друга. Циклы Миланковича обычно используются для объяснения происходящих на Земле естественных изменений климата.

Эвтрофирование водоемов – повышение уровня первичной продукции вод благодаря увеличению в них концентрации биогенных элементов, главным образом азота и фосфора. Различают естественное и антропогенное эвтрофирование. Естественное эвтрофирование длится тысячелетиями, антропогенное наступает гораздо быстрее,

особенно в водоемах с замедленным стоком – озерах, прудах, водохранилищах и внутренних морях. Поступление биогенных элементов происходит в результате смывания с полей удобрений, а также с промышленными и коммунальными стоками. Высокая степень эвтрофирования приводит к заморам рыб и других организмов.

Южное Колебание (ЮК) – устойчивые, противоположные по фазе изменения атмосферного давления с определенной цикличностью в Тихом океане, особенно в тропической его части, и в бассейне Индийского океана. Индекс ЮК вычисляется как разница между нормализованными показателями атмосферного давления в районе Дарвинских о-вов и Таити, отдельно для каждого месяца. Индекс ЮК указывает на перераспределение массы воздуха между двумя указанными регионами в процессе общей циркуляции атмосферы.

Рекомендуемая литература

- Андреев А.В.* Адаптации птиц к зимним условиям Субарктики. М.: Наука, 1980.
- Аугуста И., Буриан З.* По путям развития жизни. Прага: Артия, 1963.
- Берг Л.С.* Климат и жизнь. М.: ОГИЗ., 1947.
- Бергер В.Я.* Продукционный потенциал Белого моря. СПб.: ЗИН РАН, 2007.
- Богоров В.Г.* Планктон Мирового океана. М.: Наука, 1974.
- Борисенков Е.П.* Климат и деятельность человека. М.: Наука, 1982.
- Борисенков Е.П.* Колебания климата за последнее тысячелетие. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
- Будыко М.И.* Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеиздат, 1980.
- Вент Ф.* В мире растений. М.: Мир, 1972.
- Джон Б., Дербишир Э., Янг Г., Фейрбридж Р., Эндрюс Дж.* Зимы нашей планеты. М.: Мир, 1982.
- Дольник В.Р.* Миграционное состояние птиц. М.: Наука, 1975.
- Еськов К.Ю.* История Земли и жизни на ней. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
- Журавлев А.Ю.* Затерянный мир динозавров. М.: Аванта-Плюс, 2003.
- Зимин В.Б.* Экология воробьиных птиц северо-запада СССР. Л.: Наука, 1988.
- Изразль Ю.А.* Глобальные климатические катастрофы. М.: Гидрометеиздат, 1986.
- Имбри Дж., Имбри К.П.* Тайны ледниковых эпох. М.: Прогресс, 1988.
- Карр А.* Рептилии. М.: Мир, 1975.
- Карри-Линдал К.* Птицы над сушей и морем. Глобальный обзор миграций птиц. М.: Мысль, 1984.
- Клаудели-Томпсон Д.* Миграции животных. М.: Мир, 1982.
- Клименко В. В.* Климат средневековой теплой эпохи в Северном полушарии. М.: Изд-во МЭИ, 2001.

Клименко В.В. Холодный климат ранней субатлантической эпохи в Северном полушарии. М.: Изд-во МЭИ, 2004.

Кляшторин Л.Б., Любушкин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: ВНИРО, 2005.

Коли Г. Анализ популяций позвоночных. М.: Мир, 1979.

Кондратьев К.Я. Глобальный климат. СПб.: Наука, 1992.

Кузьмин С. Л., Маслова И. В. Земноводные российского Дальнего Востока. М.: КМК, 2005.

Лэк Д. Численность животных и ее регуляция в природе. М.: Изд-во иностр. лит., 1957.

Максимов А.А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. Новосибирск: Наука, 1984.

Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л: Гидрометеиздат, 1979.

Наумов А.Д., Федяков В.В. Вечно живое Белое море. СПб.: Изд-во СПб дворца творчества юных, 1993.

Паевский В.А. Демографическая структура и популяционная динамика певчих птиц. СПб-М.: КМК, 2008.

Рамсторф Ш., Шельнхубер Х.И. Глобальное изменение климата: диагноз, прогноз, терапия. М.: Изд-во ОГИ, 2009.

Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979.

Розанов А.Ю. Что произошло 600 миллионов лет назад. М.: Наука, 1986.

Рябицев В.К. Территориальные отношения и динамика сообществ птиц в Субарктике. Екатеринбург: Наука, 1993.

Сема А.М. Фенология перелетов птиц в Казахстане. Алма-Ата: Наука, 1989.

Соколов Л.В. Почему перелетные птицы возвращаются домой. М.: Наука, 1991.

Татаринов Л.П. Очерки по теории эволюции. М: Наука, 1987.

Уеда С. Новый взгляд на Землю. М.: Прогресс, 1980.

Шульц Г.Э. Общая фенология. Л.: Наука, 1981.

Ясаманов Н.А. Древние климаты Земли. Л.: Гидрометеиздат, 1985.

Список основных использованных сайтов

<http://ru.wikipedia.org>
<http://schools-wikipedia.org>
<http://meteoinfo.ru/climate>
<http://images.google.ru>
<http://www.polit.ru/lectures>
<http://dic.academic.ru>
<http://bird.geoman.ru>
<http://mysite.e-stile.ru>
<http://www.batikart.ucoz.ru>
<http://www.nr2.ru>
<http://www.rodniki.bel.ru>
<http://bio.1september.ru>
<http://www.ecmo.ru>
<http://subscribe.ru>
<http://www.biodiversity.ru>
<http://www.museum.psu.ru>
<http://www.liveinternet.ru>
<http://www.rock.ru>
<http://encephalitis.ru>
<http://www.outdoors.ru>
<http://wildnature.ru>
<http://www.li.ru>
<http://bse.sci-lib.com>
<http://touring.cultinfo.ru>
<http://zanimatelnaya-botanika.ru>
<http://www.priroda-rb.info>
<http://www.grafamania.net>
<http://www.salon.su>
<http://world-insects.iatp.by>
<http://www.kontorakuka.ru>
<http://o2net.info/blog/world>
<http://ornithology.su>
<http://momgoesgreen.com>
<http://www.snob.ru>
<http://www.vokrugsveta.ru>
<http://invertebrates.geoman.ru>

**Леонид Викторович
Соколов**

Климат в жизни растений и животных

Научно-популярное издание

Издание второе,
специально для интернет-пространства

Корректор: Шунькина К.В.
Технический редактор: Шунькина К.В.

Санкт-Петербург • Калининград
2012