

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ФЕНОЛОГИЮ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ (ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКИЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК)

А.В. Бобрецов\*, Т.К. Тертица, В.П. Теплова

Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник, Россия, 169436, Якша, Троицко-Печорский район, Республика Коми; \* [avbobr@mail.ru](mailto:avbobr@mail.ru)

**Резюме.** В работе приведены результаты долговременного мониторинга за температурой воздуха и количеством осадков в равнинном районе Печоро-Илычского заповедника с 1936 по 2016 годы. За этот период отмечены значительные изменения в средней годовой температуре воздуха. С начала 70-х годов прошлого века наблюдается устойчивое ее повышение. Особенно теплыми были 2000-е годы. Превышение среднегодовой температуры воздуха в этот период по сравнению со второй половиной прошлого века составило 1.5°C, а скорость ее изменения – 0.23°C/10 лет. Достоверные тренды увеличения температуры воздуха отмечены в зимний и весенний сезоны года. Тенденции в изменении количества осадков отсутствовали. Потепление климата вызвало изменения в фенологии растений и животных. У всех 27 рассмотренных видов древесных и травянистых растений даты начала цветения сместились на более ранние сроки (от 3 до 11 дней). У большинства видов (77.8%) различия в сроках начала цветения в 2000-е годы превысили 5 дней. Максимальные различия (11 дней) отмечены для мать-и-мачехи *Tussilago farfara* и черники *Vaccinium myrtillus*. Вместе с тем у птиц, которые в меньшей степени зависят от температуры воздуха, обнаружены разные тенденции в изменении дат начала прилета. Большинство рассмотренных видов (14 из 21 вида) стали прилетать раньше на 3-13 дней. Особенно рано стали прилетать дрозд-рябинник *Turdus pilaris* (на 13 дней) и деревенская ласточка *Hirundo rustica* (на 10 дней). У большого крохала *Mergus merganser* и скворца *Sturnus vulgaris* обнаружено смещение сроков прилета на 4-10 дней позже. У ряда других видов – чибиса *Vanellus vanellus* и обыкновенной овсянки *Emberiza citrinella*, даты прилета остались стабильными.

**Ключевые слова.** Изменение климата, температура воздуха, фенология, начало цветения, прилет птиц.

## THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE PHENOLOGY OF PLANTS AND ANIMALS OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE KOMI REPUBLIC (THE PECHORA-ILYCH BIOSPHERE RESERVE)

A.V. Bobretsov\*, T.K. Tertitsa, V.P. Teplova

Pechora-Ilych State Nature Biosphere Reserve  
Yaksha, Troitsko-Pechora region, 169436, Republica Komi, Russia; \* [avbobr@mail.ru](mailto:avbobr@mail.ru)

**Abstract.** The paper presents the results of long-term monitoring of air temperature and precipitation on the plain part of the Pechora-Ilych nature reserve from

1936 to 2016. During this period significant changes in average annual air temperature were noted. The temperature has been a steady increase since the early 70-ies of the last century. The 2000-ies were especially warm. During this period the average annual air temperature was more than 1.5°C, and the rate of change – 0.23°C / 10 years compared with the second half of the last century. Significant trends of increasing air temperature observed in winter and spring seasons. Trends in rainfall were absent. Climate warming caused changes in phenology of plants and animals. The dates of beginning of flowering of all 27 examined species of woody and herbaceous plants was shifted to earlier periods (from 3 to 11 days). The differences in the timing of flowering in 2000-ies of greater part species (77.8%) was more than over 5 days. The maximum difference (11 days) marked for the coltsfoot *Tussilago farfara* and bilberry *Vaccinium myrtillus*. However, the birds, those are less dependent on the air temperature, was detected different trends in start dates of arrival. The majority of the species (14 out of 21 species) began to arrive early for 3-13 days. Particularly early began to fly the fieldfare *Turdus pilaris* (13 days) and the barn swallow *Hirundo rustica* (for 10 days). At the common merganser *Mergus merganser* and starling *Sturnus vulgaris* discovered the offset timing of arrival 4-10 days later. In a number of other types of lapwing *Vanellus vanellus* and yellowhammers *Emberiza citrinella*, date of arrival remained stable.

**Keywords.** Climate change, air temperature, phenology, beginning of flowering, bird arrival.

## Введение

Особенностью современного изменения климата является глобальное потепление, охватившее многие регионы северного полушария. На территории России за период с 1907 по 2006 гг. среднегодовая температура возросла на 1.1-1.3°C (Анисимов и др., 2007; Оценочный доклад ..., 2008; Груза, Ранькова, 2012; IPCC, 2013). Наиболее заметные темпы ее увеличения наблюдались в период с 1976 по 2009 гг., когда скорость потепления на Европейском Севере увеличилась до 5.2°C/100 лет (Анисимов и др., 2011). Начало нового столетия оказалось самым теплым за всю историю инструментальных наблюдений (Второй оценочный доклад ..., 2014; Переведенцев, Шанталинский, 2015). Тенденции в изменении количества осадков выражены слабо. Наиболее заметны они лишь на территории Европейской части России (Оценочный доклад ..., 2008). Изменения климата сопровождаются увеличением экстремальных погодных явлений (Семенов, 2013).

Глобальное потепление оказало большое влияние на разные стороны жизнедеятельности живых организмов (Walther et al., 2002) – фенологию и физиологию, распространение видов, состав сообществ и взаимодействие между видами, а также на структуру и динамику экосистем. Опубликованные результаты многолетних фенологических наблюдений свидетельствуют о существенных изменениях в сезонном развитии растений (Минин, 2000; Соловьев, 2005; Parmesan, 2006; Dunnell, Travers, 2011; Bock et al., 2014) и животных (Lehikoinen et al., 2004; Menéndez, 2007; Мусолин, Саулич, 2014).

---

Вместе с тем, данные о реакциях видов растений и животных на глобальное потепление оказались неоднозначными и порою противоречивыми. Выявлены пространственные различия в фенологических реакциях растений (Минин и др., 2016). В какой-то мере это объясняется тем, что масштаб изменений климата в разных регионах проявляется неодинаково (Бардин и др., 2015). Кроме того, для такого анализа для многих регионов явно не хватает долговременных рядов наблюдений (Charles et al., 2015). В этом отношении заповедники, в которых ведется многолетний мониторинг, могут оказать немаловажную роль в решении данной актуальной проблемы. Целью настоящей работы является анализ изменения климата и его влияния на фенологию растений и животных Печоро-Илычского заповедника, одного из старейших заповедников России.

### Материалы и методы

Печоро-Илычский заповедник расположен на юго-востоке Республики Коми. Его небольшая часть расположена на восточной окраине Русской равнины, а основная территория находится в пределах Уральской горной страны (Северный Урал).

В работе использованы данные по равнинному району заповедника. Для этого были проанализированы материалы Летописи природы с 1935 по 2016 гг., а также личные наблюдения авторов. Для формирования временных рядов календарные даты преобразовывали в числовые показатели (число дней) путем отсчета их от 1 марта.

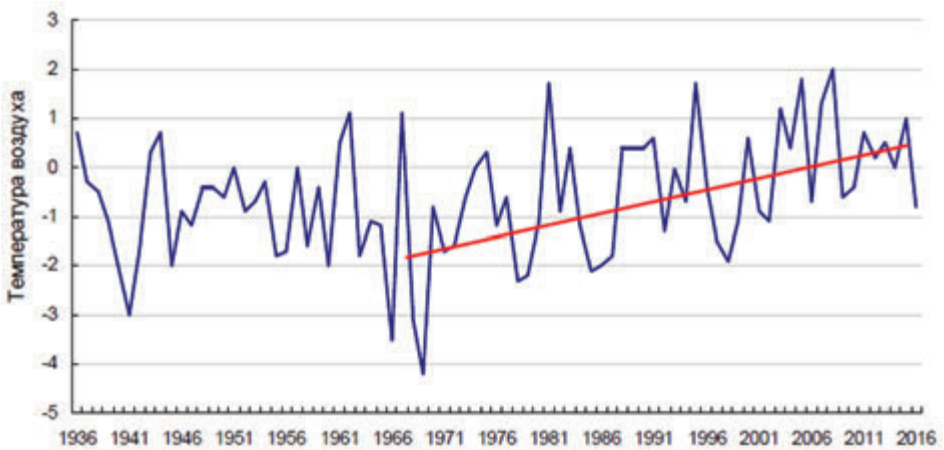
Для характеристики изменений климата использовали данные метеорологической станции, расположенной в Якше, на которой непрерывные наблюдения проводятся с 1936 г. по настоящее время. Анализировались показатели средней температуры воздуха за год и по отдельным сезонам. При этом рассматривали как абсолютные их значения, так и их аномалии, которые представляют отклонения годовых (сезонных) показателей от «нормы». За климатическую норму принималось среднее многолетнее значение за базовый период 1961-1990 гг. (Доклад ..., 2016). Если годовая температура была выше или ниже нормы на  $0.7^{\circ}$ , то такие годы считались очень жаркими или очень холодными. Если отклонение от нормы превышали всего  $0.4^{\circ}\text{C}$ , то такие годы относили к теплым или холодным. Тенденцию изменения климатических параметров оценивали по величине (наклону) их линейного тренда. Величину тренда выражали в  $^{\circ}\text{C}/10$  лет. Для выявления связей между датами фенологических явлений и температурой воздуха использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для вычислений использовали программный пакет Statistica 6.0 for Windows.

### Результаты

**Климат.** Глобальные процессы изменения климата хорошо прослеживаются и на территории Печоро-Илычского заповедника (рис. 1). Средняя годо-

---

вая температура здесь за весь период наблюдений составила  $-0.6^{\circ}\text{C}$ . Однако в разные периоды времени она значительно различалась. С 1936 по 1965 гг. этот показатель был несколько ниже среднемноголетнего значения ( $-0.8^{\circ}\text{C}$ ). С 1966 г. наступило похолодание, которое продолжалось семь лет. В этот период отмечены самые холодные годы, когда температура воздуха опускалась до  $-3.5^{\circ}\text{C}$  (1966 г.) и  $-4.2^{\circ}\text{C}$  (1969 г.). Средняя годовая температура с 1966 по 1972 гг. уменьшилась до  $-2.0^{\circ}\text{C}$ . Последнее десятилетие (2003-2016 гг.) оказалось самым теплым за все годы наблюдений –  $+0.5^{\circ}\text{C}$ . Максимальная среднегодовая температура отмечена в 2008 г. ( $+2.0^{\circ}\text{C}$ ). Если сравнить показатели последних лет с базовым периодом, то превышение температуры составило  $1.5^{\circ}\text{C}$ .

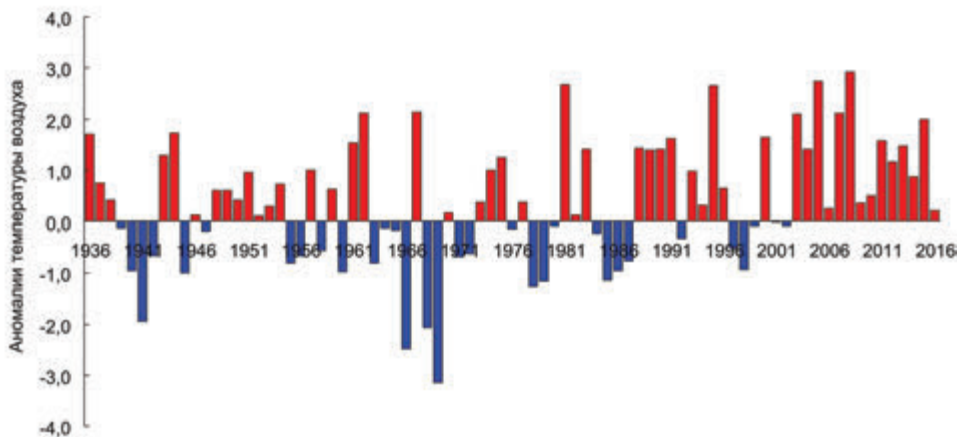


**Рисунок 1.** Динамика средней годовой температуры воздуха в равнинном районе Печоро-Ильчского заповедника и линия тренда за 1968-2016 гг.

Скорость изменения температуры воздуха за период инструментальных наблюдений была незначительной и составила всего лишь  $0.13^{\circ}\text{C}/10$  лет ( $R^2 = 0.096$ ). На значение этого показателя сильно повлияло похолодание конца 60-х годов прошлого века. Анализ временного ряда с 1968 по 2016 гг. выявил статистически достоверное увеличение средней годовой температуры воздуха. Тренд составил в этом случае  $0.23^{\circ}\text{C}/10$  лет ( $t = 4.048$ ;  $p < 0.01$ ). Данная модель описывает дисперсию ряда уже на 27% ( $R^2 = 0.266$ ).

Наиболее заметные изменения температуры воздуха выявлены при сравнении аномалий (рис. 2). В период с 1960 по 1999 гг. на холодные и очень холодные годы (аномалии выше  $0.4^{\circ}\text{C}$ ) приходилось 40% всех лет, на теплые и очень теплые годы – 35%. Соотношение этих групп аномалий было очень близко. С 2003 по 2016 гг. аномалии с холодными и очень холодными годами отмечены не были, 85% составили теплые и очень теплые годы.

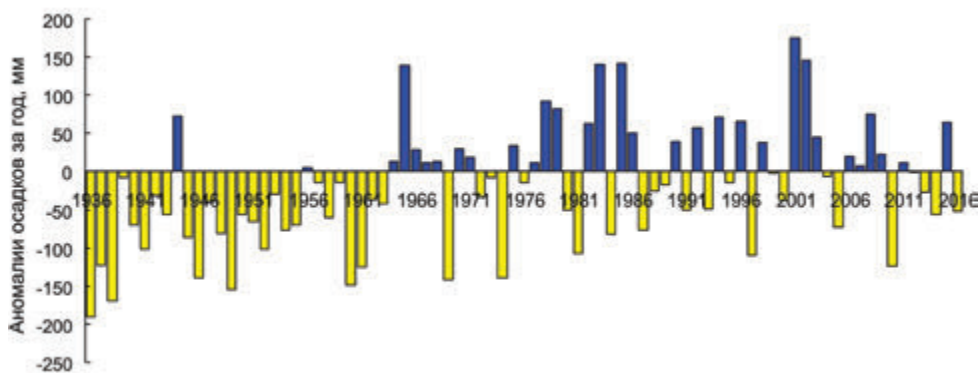
Увеличение температуры воздуха достоверно выражено в зимние месяцы, весной и в меньшей степени осенью (табл. 1). В летний период коэффициент тренда был хотя и положительный, но его значения были недостоверными.



**Рисунок 2.** Годовые аномалии температур воздуха (отклонения годовых показателей от базового периода 1961-1990 гг.)

**Таблица 1.** Параметры трендов температуры воздуха в разные сезоны с 1968 по 2016 гг.

Сезоны	Коэффициент тренда	°С/10 лет	Коэффициент детерминации	p
Весна	+0.0615	+0.30	0.1744	< 0.05
Лето	+0.0358	+0.17	0.1167	> 0.05
Осень	+0.0455	+0.22	0.1283	< 0.05
Зима	+0.0718	+0.34	0.083	< 0.05



**Рисунок 3.** Годовые аномалии суммы осадков (отклонения годовых показателей от базового периода 1961-1990 гг.)

Наибольший вклад в среднегодовое повышение температуры воздуха вносят зима ( $0.34^{\circ}\text{C}/10$  лет) и весна ( $0.30^{\circ}\text{C}/10$  лет). В первом случае превышение температуры в 2003-2016 гг. по сравнению с базовым периодом составило  $2.1^{\circ}\text{C}$ , во втором –  $1.9^{\circ}\text{C}$ .

Тенденции в изменении количества осадков выражены слабо (рис. 3). Следует отметить, что в период с конца 30-х годов по 1963 г. прошлого века в

Северном Предуралье выпадало меньше осадков, чем в более современный период. Однако различия между периодом 2003-2016 гг. и базовым периодом оказались несущественными, соответственно, 648.6 мм и 655.4 мм.

**Фенология гидротермических явлений.** Температурный режим непосредственно влияет на такие абиотические фенологические явления как появление первых проталин, сход снега, начало ледохода, установление постоянного снежного покрова. Связь между этими явлениями и температурой воздуха сильная. Поэтому изменения в средней температуре воздуха приводят и к смещению средних дат наступления абиотических явлений. В табл. 2 представлены данные по срокам их наступления за разные периоды времени. В 2000-х годы весенние процессы достоверно начали наступать значительно раньше по сравнению с базовым периодом. Так, отклонения по средней дате схода снега в бору составили 10 дней – с 15 мая на 5 мая. Река Печора стала вскрываться на 7 дней раньше. В то же время осенние явления стали наступать гораздо позже. Например, дата установления постоянного снежного покрова сместилась на 13 дней с 21 октября на 8 ноября. В результате разнонаправленных реакций весенних и осенних процессов продолжительность безморозного периода в равнинном районе Печоро-Илычского заповедника увеличилась на 19 дней с 75 до 94.

**Таблица 2.** Средние даты наступления абиотических фенологических явлений в разные периоды времени в Печоро-Илычском заповеднике

Фенологические явления	Периоды (годы)		Отклонение (сутки)
	1961-1990	2003-2016	
Сход снега в бору	15.05	5.05	-10*
Сход снега в ельнике	22.05	15.05	-7*
Вскрытие реки Печоры	4.05	29.04	-7*
Последний весенне-летний заморозок	11.06	3.06	-8*
Первый осенний заморозок	19.08	27.08	+8*
Длительность безморозного периода	75	94	+19*
Дата устойчивого снежного покрова	21.10	8.11	+13*
Ледостав на реке Печоре	8.11	19.11	+11*

**Примечание:** \* – различия достоверны на уровне  $p < 0.05$ .

**Фенология растений.** У 27 видов древесных и травянистых растений сравнили даты их начала цветения в 2000-х годы с базовым периодом (табл. 3). У большинства из них отмечены достоверные различия между двумя периодами наблюдений: даты начала цветения сместились на более ранние сроки. Для разных видов эти различия составляют от 3 до 11 дней. Наиболее сильное смещение наблюдалось у мать-и-мачехи *Tussilago farfara* L. (11 дней) и черники *Vaccinium myrtillus* L. (11 дней). Так, раньше мать-и-мачеха зацветала в среднем 6 мая, в последнее десятилетие – 25 апреля, черника, соответственно, 5 июня и 25 мая. Следует отметить, что эти виды относятся к разным жизненным формам и различия между датами их начала цветения составляют месяц. У 16 видов (61.5%) цветение начиналось на 7-9 дней раньше. И только у небольшой группы растений (6 видов) сроки начала цветения изменились

незначительно (2-4 дня). К этой группе относится шиповник *Rosa acicularis* Lindl., иван-чай *Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub.

**Таблица 3.** Средние даты начала цветения растений в равнинном районе Печоро-Ильчского заповедника

Виды	Периоды (годы)		Отклонение (сутки)
	1961-1990	2003-2016	
Ольха <i>Alnus incana</i> (L.) Moench	29.04	22.04	-7*
Мать-и-мачеха <i>Tussilago farfara</i> L.	6.05	25.04	-11*
Пушица <i>Eriophorum vaginatum</i> L.	13.05	7.05	-6*
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	13.05	9.05	-4
Хамедафне <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	19.05	14.05	-5
Смородина красная <i>Ribes rubrum</i> L.	26.05	22.05	-4
Толокнянка <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	31.05	23.05	-8*
Смородина черная <i>Ribes nigrum</i> L.	2.06	26.05	-7*
Кислица обыкновенная <i>Oxalis acetosella</i> L.	3.06	27.05	-7*
Ель сибирская <i>Picea obovata</i> Ledeb.	4.06	28.05	-7*
Черемуха <i>Padus avium</i> Mill.	4.06	27.05	-8*
Жимолость <i>Lonicera caerulea</i> L.	4.06	26.05	-9*
Черника <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	5.06	25.05	-11*
Купальница <i>Trollius europaeus</i> L.	5.06	29.05	-7*
Морошка <i>Rubus chamaemorus</i> L.	7.06	31.05	-7*
Багульник <i>Ledum palustre</i> L.	11.06	5.06	-6*
Земляника <i>Fragaria vesca</i> L.	12.06	3.06	-9*
Седмичник <i>Trientalis europaea</i> L.	12.06	8.06	-4
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	14.06	7.06	-7*
Рябина <i>Sorbus aucuparia</i> L.	15.06	7.06	-8*
Шиповник иглистый <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	15.06	13.06	-2
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	20.06	11.06	-9*
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	20.06	11.06	-9*
Клюква <i>Vaccinium oxycoccos</i> (L.) MacMill.	22.06	14.06	-8*
Малина <i>Rubus idaeus</i> L.	25.06	17.06	-8*
Линнея северная <i>Linnaea borealis</i> L.	26.06	22.06	-4
Иван-чай узколистный <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Holub.	7.07	4.07	-3

**Примечание:** \* – различия достоверны на уровне  $p < 0.05$ .

Раннее цветение растений приводит и к более раннему созреванию у них плодов (табл. 4). В этом случае смещение дат появления плодов у разных видов варьировало от 3 до 10 дней. Наиболее ранние сроки отмечены у черемухи *Padus avium* Mill. (10 дней) и жимолости *Lonicera caerulea* L. (9 дней). У черемухи в прошлом плоды созревали в среднем 7 августа, в настоящее время – 28 июля, у жимолости, соответственно, 12 июля и 3 июля. Незначимые различия наблюдались у земляники *Fragaria vesca* L. и двух видов смородин. Следует отметить, что если у земляники смещение на более ранние сроки

начала цветения составило 9 дней, то дата регистрации первых плодов сместилась всего на 3 дня.

**Таблица 4.** Средние даты появления плодов у некоторых растений в равнинном районе Печоро-Илычского заповедника

Виды	Периоды (годы)		Отклонение (сутки)
	1961-1990	2003-2016	
Земляника <i>Fragaria vesca</i> L.	9.07	6.07	-3
Жимолость <i>Lonicera caerulea</i> L.	12.07	3.07	-9*
Морошка <i>Rubus chamaemorus</i> L.	18.07	13.07	-5
Смородина красная <i>Ribes rubrum</i> L.	18.07	16.07	-4
Черника <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	23.07	16.07	-7*
Голубика <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	29.07	22.07	-7*
Малина <i>Rubus idaeus</i> L.	31.07	24.07	-7*
Смородина черная <i>Ribes nigrum</i> L.	1.08	28.07	-4
Черемуха <i>Padus avium</i> Mill.	7.08	28.07	-10*
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	19.08	13.08	-6*
Клюква <i>Vaccinium oxycoccos</i> (L.) MacMill.	31.08	24.08	-7*

**Примечание:** \* – различия достоверны на уровне  $p < 0.05$ .

В отношении осенних фенологических явлений получены для разных видов растений противоречивые данные (табл. 5). Так, пожелтение листьев у березы *Betula pubescens* Ehrh. в 2003 - 2016 гг. стало отмечаться в среднем на 12 дней раньше – с 14 августа на 2 августа. Такое смещение зарегистрировано и для даты начала листопада. Однако для сроков окончания листопада дата совершенно не изменилась. Отметим, что средняя многолетняя дата для этого явления за весь период наблюдений составляет 4 октября. В то же время у рябины и черемухи начало листопада достоверно сместилось на более позднее время.

Важной фенологической характеристикой является продолжительность вегетационного периода. Она рассчитывалась по разнице в сроках между фенофазами начала сокодвижения у березы до полного пожелтения ее листьев (Буторина, Крутовская, 1986). Продолжительность вегетационного периода увеличилась в последнее десятилетие на 11 дней по сравнению с базовым периодом – с 137 до 148 дней.

**Таблица 5.** Средние даты наступления некоторых осенних фенологических явлений в равнинном районе Печоро-Илычского заповедника

Фенологические явления	Периоды (годы)		Отклонение (сутки)
	1961-1990	2003-2016	
Пожелтение листьев у березы	14.08	2.08	-12*
Начало листопада у березы	25.08	14.08	-11*
Конец листопада у березы	5.10	5.10	0
Начало листопада у рябины	28.08	8.09	+11*
Начало листопада у черемухи	27.08	3.09	+7*

**Примечание:** \* – различия достоверны на уровне  $p < 0.05$ .



**Фенология животных.** Из насекомых наиболее длинный ряд наблюдений имеется для бабочки крапивницы (*Aglais urticae* L.). В 1961-1990 гг. средняя дата вылета этого вида приходилась на 19 апреля, в 2000-е годы – на 11 апреля. В данном случае бабочка стала вылетать на 8 дней раньше. Прямое воздействие температуры испытывают и земноводные. В первый период травяная лягушка (*Rana temporaria* L.) появлялась после зимовки в среднем 9 мая, во второй период она стала регистрироваться на 5 дней раньше – 4 мая.

Анализ сроков прилета птиц в Печоро-Илычский заповедник выявил разноплановый характер их изменений (табл. 6).

**Таблица 6.** Средние даты начала пролета птиц в равнинном районе Печоро-Илычского заповедника

Виды	Периоды (годы)		Отклонение (сутки)
	1961-1990	2003-2016	
Пуночка <i>Plectrophenax nivalis</i> L.	3.04	31.03	-3
Скворец <i>Sturnus vulgaris</i> L.	9.04	16.04	+7*
Крохаль большой <i>Mergus merganser</i> L.	9.04	19.04	+10*
Овсянка обыкновенная <i>Emberiza citrinella</i> L.	10.04	11.04	+1
Чибис <i>Vanellus vanellus</i> L.	14.04	14.04	0
Жаворонок полевой <i>Alauda arvensis</i> L.	15.04	19.04	+4
Зяблик <i>Fringilla coelebs</i> L.	16.04	13.04	-3
Кряква <i>Anas platyrhynchos</i> L.	17.04	19.04	+2
Трясогузка белая <i>Motacilla alba</i> L.	18.04	14.04	-4
Гоголь <i>Vucephala clangula</i> L.	19.04	23.04	+4
Гуменник <i>Anser fabalis</i> Latham	24.04	19.04	-5
Чирок-свистунок <i>Anas crecca</i> L.	27.04	28.04	+1
Юрок <i>Fringilla montifringilla</i> L.	27.04	24.04	-3
Журавль серый <i>Grus grus</i> L.	29.04	21.04	-8*
Сизая чайка <i>Larus canus</i> L.	29.04	23.04	-6*
Дрозд рябинник <i>Turdus pilaris</i> L.	3.05	20.04	-13*
Деревенская ласточка <i>Hirundo rustica</i> L.	17.05	7.05	-10*
Кукушка обыкновенная <i>Cuculus canorus</i> L.	17.05	14.05	-3
Кукушка глухая <i>Cuculus optatus</i> Gould.	26.05	18.05	-6*
Чечевица <i>Carpodacus erythrinus</i> Pallas	24.05	20.05	-4
Береговушка <i>Riparia riparia</i> L.	29.05	24.05	-5
Стриж черный <i>Apus apus</i> L.	31.5	28.05	-3

**Примечание:** \* – различия достоверны на уровне  $p < 0.05$ .

Одни виды птиц стали прилетать достоверно раньше, другие позже, а у целого ряда видов вообще не наблюдалось каких-либо достоверных изменений в сроках прилета. К первой группе (смещение в сроках на 3 дня и больше) относятся 14 из 22 видов. Наиболее сильно даты прилета изменились у дрозда рябинника (*Turdus pilaris* L.) – на 13 дней раньше, деревенской ласточки (*Hirundo rustica* L.) – 10 дней и серого журавля (*Grus grus* L.) – 8 дней. Позже стали прилетать два вида – большой крохаль (*Mergus merganser* L.) – на 10

дней, скворец (*Sturnus vulgaris* L.) – 7 дней, полевой жаворонок (*Alauda arvensis* L.) – на 4 дня. В то же время для части видов даты прилета остались стабильными – обыкновенная овсянка (*Emberiza citrinella* L.), чибис (*Vanellus vanellus* L.), чирок-свистун (*Anas crecca* L.) или отклонения были очень незначительными – от 2 до 3 дней.

### Обсуждение

Средняя годовая температура воздуха в последние десятилетия на территории Печоро-Ильчского заповедника существенно увеличилась. Превышение ее показателя с базовым периодом составило 1.5°C. Это согласуется с оценками (1.33°C), приведенными для территории всей России за период 1976-2006 гг. (Оценочный доклад ..., 2008). Период с 2003 по 2016 гг. оказался в Северном Предуралье самым теплым за все время инструментальных наблюдений. Отрицательные аномалии температуры воздуха отсутствовали, а 85% всех лет составили теплые и очень теплые годы. Скорость изменения температуры воздуха составила 0.23°C/10 лет. В разных регионах Европейской части России интенсивность потепления колебалась от 0.2-0.6°C/10 лет (Кокарев, Шерстюков, 2015), а для России в целом составила 0.43°C/10 лет (Второй оценочный доклад ..., 2014). Потепление в Северном Предуралье наиболее выражено зимой (0.34°C/10 лет) и весной (0.30°C/10 лет) и практически отсутствует в летнее время. Такая сезонная неоднородность в скорости изменения температуры характерна в целом как для Русской равнины (Груза, Ранькова, 2004), так и для Урала (Шкляев, Шкляева, 2011).

Между температурой воздуха и датами наступления весенних абиотических процессов существует тесная отрицательная корреляционная связь. Значение показателя корреляции между средней температурой воздуха апреля и появлением первых проталин составляет -0.53 ( $p < 0.001$ ), между температурой воздуха в апреле-мае и сходом снега в борах – -0.76 ( $p < 0.001$ ) и в ельниках – -0.71 ( $p < 0.001$ ). Сильная связь отмечена и между сроками начала ледохода и средней температурой апреля-мая (-0.77;  $p < 0.001$ ). Поэтому увеличение температуры воздуха весной в 2000-е годы привело к значительному сдвигу дат наступления весенних абиотических явлений. В то же время для осенних явлений обнаружена положительная тенденция: даты их наступления сместились на более поздние сроки (на 8-13 дней), что связано с увеличением температуры воздуха в этот сезон.

Следствием глобального потепления являются изменения в фенологии растений и животных. У растений сроки наступления отдельных фенологических явлений, особенно весенних, очень чувствительны к изменению температуры воздуха в зимне-весенние месяцы, то есть в период, предшествующий началу активной жизнедеятельности (Penuelas, Filella, 2001). Поэтому максимальное увеличение температуры воздуха в эти периоды, наблюдавшееся во многих регионах, обусловило значительные изменения в сроках фенологических явлений. Начало цветения растений часто рассматривают как один из важных фенологических индикаторов изменения климата (Anderson et al.,

2012). Во многих регионах у разных видов растений выявлено смещение дат начала цветения на более ранние сроки – чаще всего от 4 до 15 дней (Кожаринов, Минин, 2001; Menzel et al., 2006; Amano et al., 2010; Clark, Thompson, 2010; Dunnell, Travers, 2011). В эти пределы укладываются и сдвиги в сроках данной фенофазы у растений Печоро-Ильчского заповедника. У рассмотренных 27 видов даты начала цветения сместились в последнее десятилетие на 3–11 дней. Считается, что наиболее чувствительной на потепление климата была реакция раннецветущих растений (Соловьев, 2005; Sherry et al., 2007; Жмылева и др., 2011). Наши данные в какой-то степени подтверждают данную закономерность. Раннецветущие виды (конец апреля – начало мая) как ольха и мать-и-мачеха стали цвести на 7–11 дней раньше. Для поздноцветущих видов – линнеи северной и кипрея (конец июня – начало июля) смещение дат составило всего лишь 3–4 дня. На такую же величину по сравнению с раннецветущими видами сдвинулись сроки начала цветения кипрея в Кировской области (Соловьев, 2005). Однако имеется и масса исключений. Так, черника, которая начинает цвести на месяц позже мать-и-мачехи, стала зацветать также на 11 дней раньше. А такие поздноцветущие виды как брусника, голубика, клюква (20-е числа июня) – на 8–9 дней. На многочисленных примерах показано, что фенологические реакции растений на изменение климата могут сильно различаться у разных видов (Минин, 2000; Parmesan, 2007), а факторы, обуславливающие эти различия, еще далеко непонятны и зачастую они носят комплексный характер (Sherry et al., 2007; Amano et al., 2014).

Созревание плодов в большей степени контролируется эндогенными факторами, поэтому сроки начала цветения растений, имеют большое значение. Между датами начала цветения и датами появления плодов у большинства видов растений обнаружена тесная корреляционная связь. Так, значение рангового коэффициента корреляции Спирмена для черемухи составило +0.62 ( $p < 0.001$ ), для черники – +0.63 ( $p < 0.001$ ), для брусники – +0.71 ( $p < 0.001$ ). Плоды у этих видов растений стали регистрироваться, соответственно, на 10, 7 и 6 дней раньше. Для видов, у которых такая корреляционная связь незначительна (для земляники +0.51, для черной смородины – +0.40), даты появления плодов сместились на небольшую величину – всего на 3–4 дня.

У лиственных деревьев на севере Европейской части России устанавливаются не только более ранние сроки наступления весенних явлений, но и более поздние сроки осенних явлений, а продолжительность вегетационного периода чаще всего возрастает. На территории Печоро-Ильчского заповедника такая закономерность характерна для рябины и черемухи. Однако у березы даты начала пожелтения листьев и начала листопада значительно сдвинулись на более ранние сроки (на 10–11 дней). Такие отрицательные тенденции у березы отмечены на Урале и в ряде районов Фенноскандии (Шутова и др., 2008; Гордиенко, Леванова, 2011).

Зависимость теплокровных животных от температуры воздуха выражена в меньшей степени, чем у растений и носит более опосредованный характер. Даты прилета птиц коррелируют с абиотическими фенологическими явлениями (появление проталин, сход снега, вскрытие водоемов), которые обуслов-

лены температурным режимом, а также появлением различных кормов. Так, у пенокки-теньковки Печоро-Ильчского заповедника дата прилета не зависит от средней температуры воздуха весной ( $r = 0.15$ ;  $p > 0.05$ ), тогда как связь с датами схода снега является достоверной ( $+0.38$ ;  $p < 0.05$ ). В Кировской области наиболее сильные корреляционные связи (свыше  $+0.80$ ) прилета деревенской ласточки выявлены со сроками вылета комаров, а прилета гусей с полным освобождением полей от снега (Соловьев, 2015).

Изменения в климате последних десятилетий сказались и на датах весеннего прилета птиц, но их реакции оказались различными (Амосов и др., 2006; Соколов, 2006; Jonzén et al., 2006; Tottrup et al., 2010; Венгеров, 2015). В Печоро-Ильчском заповеднике одни виды птиц стали прилетать раньше (максимальное смещение по срокам 10-13 дней), другие позже (на 7-10 дней), а у целого ряда видов сроки остались стабильными. Такая изменчивость в сроках прилета обусловлена разными причинами. Безусловно, более ранние сроки начала весны (сход снега, вскрытие рек), которые вызвали и более раннее облиствление деревьев, появление комаров и других насекомых, привели к тому, что более половины всех рассмотренных видов (67%) стали прилетать раньше. Отсутствие трендов в изменении весенних температур на Южном Урале привело к тому, что даты прилета птиц здесь остались стабильными (Соколов, Гордиенко, 2008). Кроме того, были обнаружены значительные различия в сроках начала их весенней миграции в зависимости от дальности мест зимовок. Ближние мигранты оказались более чувствительными к изменению климата (Соловьев, 2015; Usui et al., 2016). Запоздывание прилета у ряда видов птиц связывают с сокращением их численности. Существенное уменьшение численности скворца, грача и отчасти чибиса на Европейском Севере привело к тому, что в окрестности Петрозаводска эти виды стали прилетать на 1-2 недели позже, чем в 70-80-е годы прошлого века (Сазанов, 2008). В Печоро-Ильчском заповеднике смещение даты прилета скворца зафиксировано на 7 дней позже, а полевого жаворонка – на 4 дня.

### Заключение

За период инструментальных наблюдений на территории Печоро-Ильчского заповедника произошли существенные изменения в средней годовой температуре воздуха. 2000-е годы стали здесь самыми теплыми. Превышение среднегодовой температуры воздуха в этот период по сравнению со второй половиной прошлого века составило  $1.5^{\circ}\text{C}$ , а скорость ее изменения –  $0.23^{\circ}\text{C}/10$  лет. Достоверные тренды увеличения температуры воздуха отмечены в зимний и весенний сезоны года. В то же время изменений в количестве осадков на этой территории не произошло.

Потепление климата оказало большое влияние на фенологию. Изменились сроки наступления абиотических фенологических явлений. Вместе с ними сместились на более ранние сроки средние даты начала цветения у растений: различия у разных видов растений составили от 2 до 11 дней. Наиболее значительное смещение (от 6 и более дней) отмечено у 74.1% из 27 видов. Начало

---

прилета птиц зависит не только от температуры воздуха, но и ряда других факторов. Поэтому реакции видов этой группы животных на потепление оказались разноплановыми. Одни виды птиц (63.6%) стали прилетать раньше на 3-13 дней, другие (18.2%) позже на 4-10 дней, а у ряда видов (18.2%) сроки остались стабильными. На сроки прилета ряда видов из последних двух групп, возможно, повлияло уменьшение их численности в северной части ареала.

### Список литературы

Амосов П.Н., Брагин А.В., Добрынин Д.А. 2006. Влияние изменений климата на фауну птиц Европейского Севера России. - Известия РАН. Серия географическая, № 5, с. 30-35.

Анисимов О.А., Жильцова Е.Л., Кокорев В.А. 2011. Пространственные и временные закономерности динамики температуры воздуха на территории России в XX – начале XXI века. - Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - М., ИГКЭ, т. 24, с. 83-98.

Анисимов О.А., Лобанов В.А., Ренева С.А. 2007. Анализ изменений температуры воздуха на территории России и эмпирический прогноз на первую четверть XXI века. - Метеорология и гидрология, № 10, с. 20-30.

Бардин М.Ю., Платова Т.В., Самохина О.Ф. 2015. Особенности наблюдаемых изменений климата на территории северной Евразии по данным регулярного мониторинга и возможные их факторы. - Труды Гидрометеорологического центра РФ, № 358, с. 13-85.

Буторина Т.Н., Крутовская Е.А. 1986. Общие принципы феноклиматической периодизации года. - Труды государственного заповедника «Столбы», вып. 14. - Красноярск: Красноярский университет, с. 52-84.

Венгеров П.В. 2015. Сроки весеннего прилета птиц в Воронежском заповеднике на фоне длительных климатических изменений. - Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки, № 3 (200), вып. 30, с. 82-92.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. 2014. - М., Росгидромет, 58 с.

Гордиенко Н.С., Леванова Т.А. 2001. Анализ многолетних феноклиматических изменений природы Ильменского заповедника. В сб.: Влияние изменения климата на экосистемы охраняемых природных территорий России. Анализ многолетних наблюдений. - М., Русский университет, ч. 2, с. 9-15.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я. 2004. Обнаружение изменения климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата. - Метеорология и гидрология, № 4, с. 50-66.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я. 2012. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. - Обнинск, ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 194 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. 2016. - М., Росгидромет, 67 с.

---

Жмылева А.П., Карпухина Е.Л., Жмылев П.Ю. 2011. Фенологические реакции лесных растений на потепление климата: рано- и поздноцветущие виды. - Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Экология и жизнедеятельность, № 2, с. 5-15.

Кожаринов А.В., Минин А.А. 2001. Современные тенденции в состоянии природы Русской равнины. - В сб.: Влияние изменения климата на экосистемы. - М., Русский университет, с. 17-23.

Кокарев В.А., Шестюков А.Б. 2015. О метеорологических данных для изучения современных и будущих изменений климата на территории России. - Арктика. XXI век. Естественные науки, № 2(3), с. 5-23.

Минин А.А. 2000. Фенология Русской равнины: материалы и обобщения. - М., Изд-во АБФ/АБФ, 160 с.

Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Буйволов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. 2016. Феноиндикация изменений климата за период 1976-2015 гг. в центральной части Европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. Pendula* Roth.)). - Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 27, № 2, с. 17-28.

Мусолин Д.Л., Саулич А.Х. 2014. Фенологические сдвиги у насекомых в результате современного изменения климата. - Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, вып. 207, с. 257-267.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. - М., Росгидромет, т. I. Изменения климата, 227 с.

Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. 2015. Изменения приземной температуры воздуха Северного полушария за период 1850-2014 гг. - Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки, т. 157, № 3, с. 8-19.

Сазонов С.В. 2008. Многолетние тенденции изменения фенодат пролета птиц в окрестностях г. Петрозаводска. - Тр. Карельского научного центра РАН, № 14, с. 97-120.

Семенов В.А. 2013. Глобальное потепление и аномальная погода начала XXI века. - Природа, № 10, с. 31-41.

Соколов Л.В. 2006. Влияние глобального потепления климата на сроки миграции и гнездования воробьиных птиц в XX веке. - Зоологический журнал, т. 86, № 3, с. 317-341.

Соколов Л.Г., Гордиенко Н.С. 2008. Повлияло ли современное потепление климата на сроки прилета птиц в Ильменском заповеднике на Южном Урале? - Экология, № 1, с. 58-64.

Соловьев А.Н. 2005. Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология. - М., Пасьява, 288 с.

Соловьев А.Н. 2015. Вековая динамика сезонных миграций птиц в средних широтах Европейского Востока. - Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии, т. 120, вып. 1, с. 3-17.

Шкляев В.А., Шкляева Л.С. 2011. Оценка изменений температуры воздуха и осадков Среднего и Южного Урала в 20 веке. - Вестник Челябинского государственного университета. Экология, природопользование, вып. 5, № 5 (220), с. 61-69.

---

---

Шутова Е.В., Берлина Н.Г., Филимонова Т.В., Москвичева Л.А. 2008. Влияние некоторых климатических факторов на фенологию березы пушистой (*Betula pubescens*) в условиях Кольского полуострова. - Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии, т. 113, вып. 2, с. 53-60.

Amano T., Freckleton R.P., Queenborough S.A., Doxford S.W., Smithers R.J., Sparks T.H., Sutherland W.J. 2014. Links between plant species' spatial and temporal responses to a warming climate. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, No. 1779, pp. 1-9.

Amano T., Smithers R.J., Sparks T.H., Sutherland W.J. 2010. A 250-year index of first flowering dates and its response to temperature changes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 277, No. 1693, pp. 2451-2457.

Anderson J.T., Inouye D.W., McKinney A.M., Colautti R.I., Mitchell-Olds T. 2012. Phenotypic plasticity and adaptive evolution contribute to advancing flowering phenology in response to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, No. 1743, pp. 3843-3852.

Bock A., Sparks T.H., Estrella N., Jee N., Casebow A., Schunk C., Leuchner M., Menzel A. 2014. Changes in first flowering dates and flowering duration of 232 plant species on the island of Guernsey. – *Global Change Biology*, vol. 20, No. 11, pp. 3508-3519.

Charles C.D, Willis C.G., Connolly B., Kelly C., Ellison A.M. 2015. Herbarium records are reliable sources of phenological change driven by climate and provide novel insights into species' phenological cueing mechanisms. – *American Journal of Botany*, vol. 102, No. 10, pp. 1599-1609.

Clark R.M., Thompson R. 2010. Predicting the impact of global warming on the timing of spring flowering. – *International Journal of Climatology*, vol. 30, pp. 1599-1613.

Dunnell K.L., Travers S.E. 2011. Shifts in the flowering phenology of the northern Great plains: patterns over 100 years. – *American Journal of Botany*, vol. 98, No. 6, pp. 935-945.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2013. /Eds.: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley. - Cambridge, Cambridge University Press, 1535 p.

Jonzén N., Lindén A., Ergon T., Knudsen E., Vik J.O., Rubolini D., Piacentini D., Brinch C., Spina F., Karlsson L., Stervander M., Andersson A., Waldenström J., Lehikoinen A., Edvardsen E., Solvang R., Stenseth N.C. 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. – *Science*, vol. 312, No. 5782, pp. 1959-1961.

Lehikoinen E., Sparks T.H., Zalakevicius M. 2004. Arrival and departure dates. – *Advances in Ecological Research*, vol. 35, pp. 1-31.

Menéndez R. 2007. How are insects responding to global warming? – *Tijdschrift vood Entomologie*, vol. 150, No. 2, pp. 355-365.

Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissolli P., Braslavská O., Briede A., Chmielewski F.M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dahl A., Defila C., Donnelly A., Filella Y., Jateczak K., Mage F., Mestre A., Nordli O., Penuelas J., Pirinen P., Remisova V., Scheifinger H., Striz M., Susnik A., Van Viet

---

A.J.H., Wielgolaski F.-E., Zach S., Züst A. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. – *Global Change Biology*, vol. 12, No. 10, pp. 1969-1976.

Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. – *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, vol. 37, No. 1, pp. 637-669.

Penuelas J., Filella J. 2001. Phenology: responses to a warming world. – *Science*, vol. 294, No. 5543, pp. 793-795.

Sherry R.A., Zhou X., Gu S., Arnone J.A., Schimel D.S., Verburg P.S., Wallace L.L., Luo Y. 2007. Divergence of reproductive phenology under climate warming. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 104, No. 1, pp. 198-202.

Tottrup A.P., Rainio K., Coppack T., Lehikoinen A., Rahbek C., Thorup K. 2010. Local temperature fine-tunes the timing of spring migration in birds. – *Integrative and Comparative Biology*, vol. 50, No. 3, pp. 293-304.

Usui T., Butchart S.H.M., Phillimore A.B. 2016. Temporal shifts and temperature sensitivity of avian spring migratory phenology: a phylogenetic meta-analysis. – *Journal of Animal Ecology*, vol. 86, No. 2, pp. 205-261.

Walther G.-R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.-M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F. 2002. Ecological responses to recent climate change. – *Nature*, vol. 416, No. 6879, pp. 289-395.

## Reference

Amosov P.N., Bragin A.V., Dobrynin D.A. 2006. Vliianie izmenenii klimata na faunu ptits Evropeiskogo Severa Rossii [The impact of climate change on the bird fauna of the European North of Russia]. *Izvestiia RAN. Seriya geograficheskaya – Izv. Geographical series*, no. 5, pp. 30-35.

Anisimov O.A., Zhil'tsova E.L., Kokorev V.A. 2011. Prostranstvennyye i vremennyye zakonomernosti dinamiki temperatury vozdukh na territorii Rossii v XX – nachale XXI veka [Spatial and temporal dynamics of air temperature in Russia in the XX – beginning of XXI century]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniia ekosistem – Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling*. Moscow, vol. 24, pp. 83-98.

Anisimov O.A., Lobanov V.A., Reneva S.A. 2007. Analiz izmenenii temperatury vozdukh na territorii Rossii i empiricheskii prognoz na pervuiu chetvert' XXI veka [Analysis of changes in air temperature in Russia and empirical forecast for the first quarter of the XXI century]. *Meteorologiya i gidrologiya – Meteorology and hydrology*, no. 10, pp. 20-30.

Bardin M.Iu., Platova T.V., Samokhina O.F. 2015. Osobennosti nabludaemykh izmenenii klimata na territorii severnoi Evrazii po dannym reguliarnogo monitoringa i vozmozhnyye ikh factory [Features of observed climate changes on the territory of Northern Eurasia according to the regular monitoring and possible factors]. *Trudy Gidrometeorologicheskogo tsentra RF – The proceedings of the Hydrometeorological center of the Russian Federation*, no. 358, pp. 13-85.

Butorina T.N., Krutovskaia E.A. 1986. Obshchie printsipy fenoklimaticheskoi periodizatsii goda [General principles of the phenoclimatic periodization of the year]. *Tr. gosudarstvennogo zapovednika «Stolby»* [Proceedings of the State Reserve "Stolby"], issue 14. Krasnoyarsk, Krasnoyarskii universitet Publ., pp. 52-84.



---

Vengerov P.V. 2015. Sroki vesennego prileta ptits v Voronezhskom zapovednike na fone dlitel'nykh klimaticheskikh izmenenii [The timing of the spring arrival of birds in the Voronezh nature reserve on the background of long-term climate change]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye nauki – Bulletin of Belgorod state University. Ser. Science*, no. 3 (200), issue 30, pp. 82-92.

*Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniakh klimata i ikh posledstviakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee reziume* [The second assessment report of Roshydromet on climate change and their effects on the territory of the Russian Federation. General summary]. 2014. Moscow., Rosgidromet Publ., 58 p.

Gordienko N.S., Levanova T.A. 2001. Analiz mnogoletnikh fenoklimaticheskikh izmenenii prirody Il'menskogo zapovednika [The analysis of long-term proclimations changes the nature of the Ilmensky reserve]. *Vliianie izmeneniia klimata na ekosistemy okhraniaemykh prirodnykh territorii Rossii. Analiz mnogoletnikh nabliudeni* [Impact of climate change on the ecosystems of the protected natural areas of Russia. Analysis of long-term observations]. Moscow, Russian university Publ., part 2, pp. 9-15.

Gruza G.V., Ran'kova E.I. 2004. Obnaruzhenie izmeneniia klimata: sostoianie, izmenchivost' i ekstremal'nost' klimata [Detection of climate change: state, variability and extremeness of climate]. *Meteorologiya i gidrologiya – Meteorology and hydrology*, no. 4, pp. 50-66.

Gruza G.V., Ran'kova E.I. 2012. *Nabliudaemye i ozhidaemye izmeneniia klimata Rossii: temperatura vozdukh* [The observed and expected climate change: air temperature]. Obninsk, FGBU "VNIIGMI-MTSD" Publ., 194 p.

*Doklad ob osobennostiakh klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii za 2015 god* [A report on the peculiarities of climate on the territory of the Russian Federation for 2015]. 2016. Moscow, Rosgidromet Publ., 67 p.

Zhmyleva A.P., Karpukhina E.L., Zhmylev P.Iu. 2011. Fenologicheskie reaktsii lesnykh rastenii na poteplenie klimata: rano- i pozdnosvetushchie vidy [Phenological responses of forest plants to climate warming: early - and late-flowering species]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Ser. Ekologiya i zhiznedeiatel'nost' – Bulletin of the Russian University of friendship of peoples. Ser. Ecology and vital activity*, no. 2, pp. 5-15.

Kozharinov A.V., Minin A.A. 2001. Sovremennye tendentsii v sostoianii prirody Russkoi ravniny [Current trends in the state of nature of the Russian plain]. *Vliianie izmeneniia klimata na ekosistemy* [The Impact of climate change on ecosystems]. Moscow, Russian university Publ., pp. 17-23.

Kokarev V.A., Shestiukov A.B. 2015. O meteorologicheskikh dannykh dlia izucheniiia sovremennykh i budushchikh izmenenii klimata na territorii Rossii [About meteorological data for the study of modern and future climate change on the territory of Russia]. *Arktika. XXI vek. Estestvennye nauki – The Arctic. Twenty-first century. Science*, no. 2(3), pp. 5-23.

Minin A.A. 2000. *Fenologiya Russkoi ravniny: materialy i obobshcheniia* [Phenology of the Russian plain: materials and generalizations]. Moscow, Publisher ABF/ABF, 160 p.

Minin A.A., Ran'kova E.Ia., Rybina E.G., Buivolov Iu.A., Sapel'nikova I.I., Filatova T.D. 2016. Fenoidikatsiia izmenenii klimata za period 1976-2015 gg. v tsentral'noi chasti Evropeiskoi territorii Rossii: bereza borodavchataia (povislaiia) (*Betula verrucosa* Ehrh. (B. Pendula Roth.)) [Phenindione of climate change for the period 1976-2015 in the Central part of European Russia: birch (silver birch) (*Betula verrucosa* Ehrh. (B. Pendula Roth.))]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniia ekosistem – Problems of*

---

*ecological monitoring and ecosystem modeling*. Moscow, vol. 27, no 2, pp. 17-28.  
Doi: 10.21513/0207-2564-2016-2-17-28.

Musolin D.L., Saulich A.Kh. 2014. Fenologicheskie sdvigi u nasekomykh v rezul'tate sovremennogo izmeneniia klimata [Phenological shifts in insects as a result of contemporary climate change]. *Izvestiia Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii – Bulletin of Saint-Petersburg forestry Academy*, issue 207, pp. 257-267.

*Otsenochnyi doklad ob izmeneniiax klimata i ikh posledstviiax na territorii Rossiiskoi Federatsii* [Assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation]. 2008. Moscow, Rosgidromet Publ., vol. 1. *Izmeneniia klimata* [Climate change], 227 p.

Perevedentsev Iu.P., Shantalinskii K.M. 2015. *Izmeneniia prizemnoi temperatury vozdukha Severnogo polushariia za period 1850-2014 gg.* [Changes in surface air temperature of the Northern hemisphere for the period 1850-2014]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. Estestvennye nauki – Scientific notes of Kazan University. Ser. Science*, vol. 157, no. 3, pp. 8-19.

Sazonov S.V. 2008. Mnogoletnie tendentsii izmeneniia fenodat proleta ptits v okrestnostiakh g. Petrozavodsk [Multi-year trends feedat of Flyway in the vicinity of Petrozavodsk]. *Tr. Karelskogo nauchogo tsentra RAN – Works Naukovo Karelian center of the RAN*, no. 14, pp. 97-120.

Semenov V.A. 2013. Global'noe poteplenie i anomal'naia pogoda nachala XXI veka [Global warming and abnormal weather in the beginning of XXI century]. *Priroda – Nature*, no. 10, pp. 31-41.

Sokolov L.V. 2006. Vliianie global'nogo potepleniia klimata na sroki migratsii i gnezdovaniia vorob'inykh ptits v XX veke [The impact of global warming on the timing of migration and nesting of passerine birds in the twentieth century]. *Zoologicheskii zhurnal – Journal of Zoology*, vol. 86, no. 3, pp. 317-341.

Sokolov L.G., Gordienko N.S. 2008. Povliialo li sovremennoe poteplenie klimata na sroki prileta ptits v Il'menskom zapovednike na Iuzhnom Urale? [Did modern climate warming on the timing of bird arrival in the Ilmensky reserve in the southern Urals?]. *Ekologi – Journal of Ecology*, no. 1, pp. 58-64.

Solov'ev A.N. 2005. *Biota i klimat v XX stoletii. Regional'naia fenologiiia* [Biota and climate in the XX century. Regional phenology]. Moscow, Pas'va Publ., 288 p.

Solov'ev A.N. 2015. Vekovaia dinamika sezonnykh migratsii ptits v srednikh shirotakh Evropeiskogo Vostoka [Seasonal dynamics of seasonal bird migration in the mid-latitudes of Europe's East]. *Biulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdelenie biologii – Bulletin of the Moscow society of naturalists. Department of biology*, vol. 120, issue 1, pp. 3-17.

Shklyiev V.A., Shklyieva L.S. 2011. Otsenka izmenenii temperatury vozdukha i osadkov Srednego i Iuzhnogo Urala v 20 veke [Evaluation of changes in air temperature and precipitation Average and the southern Urals in the 20th century]. *Vestnik Cheliabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiiia, prirodopol'zovanie – Bulletin of the Chelyabinsk state University. Ecology, nature*, vol. 5, no. 5 (220), pp. 61-69.

Shutova E.V., Berlina N.G., Filimonova T.V., Moskvicheva L.A. 2008. Vliianie nekotorykh klimaticheskikh faktorov na fenologiiu berezy pushistoi (Betula pubescens) v usloviiax Kol'skogo poluostrova [Influence of some climatic factors on phenology of white birch (Betula pubescens) in the Kola Peninsula]. *Biulleten' Moskovskogo obshchestva*

---

---

*ispytatelei prirody. Otdelenie biologii – Bulletin of the Moscow society of naturalists. Department of biology*, vol. 113, issue 2, pp. 53-60.

Amano T., Freckleton R.P., Queenborough S.A., Doxford S.W., Smithers R.J., Sparks T.H., Sutherland W.J. 2014. Links between plant species' spatial and temporal responses to a warming climate. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, No. 1779, pp. 1-9.

Amano T., Smithers R.J., Sparks T.H., Sutherland W.J. 2010. A 250-year index of first flowering dates and its response to temperature changes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 277, No. 1693, pp. 2451-2457.

Anderson J.T., Inouye D.W., McKinney A.M., Colautti R.I., Mitchell-Olds T. 2012. Phenotypic plasticity and adaptive evolution contribute to advancing flowering phenology in response to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, No. 1743, pp. 3843-3852.

Bock A., Sparks T.H., Estrella N., Jee N., Casebow A., Schunk C., Leuchner M., Menzel A. 2014. Changes in first flowering dates and flowering duration of 232 plant species on the island of Guernsey. – *Global Change Biology*, vol. 20, No. 11, pp. 3508-3519.

Charles C.D., Willis C.G., Connolly B., Kelly C., Ellison A.M. 2015. Herbarium records are reliable sources of phenological change driven by climate and provide novel insights into species' phenological cueing mechanisms. – *American Journal of Botany*, vol. 102, No. 10, pp. 1599-1609.

Clark R.M., Thompson R. 2010. Predicting the impact of global warming on the timing of spring flowering. – *International Journal of Climatology*, vol. 30, pp. 1599-1613.

Dunnell K.L., Travers S.E. 2011. Shifts in the flowering phenology of the northern Great plains: patterns over 100 years. – *American Journal of Botany*, vol. 98, No. 6, pp. 935-945.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2013. /Eds.: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley. ? Cambridge, Cambridge University Press, 1535 p.

Jonzén N., Lindén A., Ergon T., Knudsen E., Vik J.O., Rubolini D., Piacentini D., Brinch C., Spina F., Karlsson L., Stervander M., Andersson A., Waldenström J., Lehikoinen A., Edvardsen E., Solvang R., Stenseth N.C. 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. – *Science*, vol. 312, No. 5782, pp. 1959-1961.

Lehikoinen E., Sparks T.H., Zalakevicius M. 2004. Arrival and departure dates. – *Advances in Ecological Research*, vol. 35, pp. 1-31.

Menéndez R. 2007. How are insects responding to global warming? – *Tijdschrift vood Entomologie*, vol. 150, No. 2, pp. 355-365.

Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissolli P., Braslavská O., Briede A., Chmielewski F.M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dahl A., Defila C., Donnelly A., Filella Y., Jatczak K., Mage F., Mestre A., Nordli O., Penuelas J., Pirinen P., Remisova V., Scheifinger H., Striz M., Susnik A., Van Viet A.J.H., Wielgolaski F.-E., Zach S., Züst A. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. – *Global Change Biology*, vol. 12, No. 10, pp. 1969-1976.

---

---

Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. – Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, vol. 37, No. 1, pp. 637-669.

Penuelas J., Filella J. 2001. Phenology: responses to a warming world. – Science, vol. 294, No. 5543, pp. 793-795.

Sherry R.A., Zhou X., Gu S., Arnone J.A., Schimel D.S., Verburg P.S., Wallace L.L., Luo Y. 2007. Divergence of reproductive phenology under climate warming. – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 104, No. 1, pp. 198-202.

Tottrup A.P., Rainio K., Coppack T., Lehikoinen A., Rahbek C., Thorup K. 2010. Local temperature fine-tunes the timing of spring migration in birds. – Integrative and Comparative Biology, vol. 50, No. 3, pp. 293-304.

Usui T., Butchart S.H.M., Phillimore A.B. 2016. Temporal shifts and temperature sensitivity of avian spring migratory phenology: a phylogenetic meta-analysis. – Journal of Animal Ecology, vol. 86, No. 2, pp. 205-261.

Walther G.-R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.-M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F. 2002. Ecological responses to recent climate change. – Nature, vol. 416, No. 6879, pp. 289-395.

*Статья поступила в редакцию: 14.04.2017*

*После переработки: 05.05.2017*