

**ФЕНОИНДИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗА ПЕРИОД  
1976-2015 ГГ. В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЕВРОПЕЙСКОЙ  
ТЕРРИТОРИИ РОССИИ: БЕРЕЗА БОРОДАВЧАТАЯ (ПОВИСЛАЯ)  
(*BETULA VERRUCOSA* EHRLH. (*B. PENDULA* ROTH.))**

*А.А. Минин*<sup>1)</sup>, *Э.Я. Ранькова*<sup>2)</sup>, *Е.Г. Рыбина*<sup>1)</sup>, *Ю.А. Буйволлов*<sup>2)</sup>,  
*И.И. Сапельникова*<sup>3)</sup>, *Т.Д. Филатова*<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
Россия, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая 20; *aminin1959@mail.ru*; *ribina\_evgenia@mail.ru*

<sup>2)</sup> Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН,  
Россия, 109017, г. Москва, ул. Глебовская 20Б; *frankova@gmail.com*; *ybuyvolov@gmail.com*

<sup>3)</sup> Воронежский государственный природный биосферный заповедник имени В.М. Пескова,  
Россия, 394080, г. Воронеж, Госзаповедник, Центральная усадьба; *is@reserve.vrn.ru*

<sup>4)</sup> Центрально-черноземный государственный природный биосферный заповедник  
имени проф. В.В. Алехина,  
Россия, 305528, Курская область, Курский район, п/о Заповедное; *filatova@zapoved-kursk.ru*

**Резюме.** В статье анализируются тенденции многолетних изменений фенологических характеристик березы бородавчатой (повислой) в центральной части европейской территории России (ЕТР) на базе данных многолетних наблюдений за наступлением фаз развертывания первых листьев, окончания листопада и продолжительности вегетации за 1976 – 2015 годы (период наиболее интенсивного современного глобального потепления). В целом, современное потепление климата оказывает определенное влияние на изменение сроков наступления фаз у березы, однако проявляются пространственные различия в фенологических реакциях. Растения из северной части рассматриваемой территории весной реагируют более активно на потепление: раньше наступает фаза появления первых листьев и увеличивается продолжительность периода вегетации. В южной части тенденция к более раннему весеннему «пробуждению» березы по данным не обнаруживается (тренд равен 0), а тренд продолжительности вегетации здесь ниже (менее 2.5 дней/10 лет). Такая различная реакция березы из разных регионов на внешние температурные изменения свидетельствует о сложном характере взаимосвязей фенологии березы с климатом.

**Ключевые слова.** Изменение климата, фенология березы, развертывание первых листьев, конец листопада, период вегетации, скорость фенологического тренда.

## PHENOINDICATION OF CLIMATE CHANGE FOR THE PERIOD 1976 TO 2015 IN THE CENTRAL PART OF EUROPEAN RUSSIA: BIRCH (SILVER BIRCH) (BETULA VERRUCOSA EHRH. (B. PENDULA ROTH.))

*A.A. Minin*<sup>1)</sup>, *E.Ya. Rankova*<sup>2)</sup>, *E.G. Rybina*<sup>1)</sup>, *Yu.A. Buyvolov*<sup>2)</sup>,  
*I.I. Sapel'nikova*<sup>3)</sup>, *T.D. Filatova*<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> National Research University, High School of Economics,  
20, Myasnitskaya str., 101000 Moscow Russia; *aminin1959@mail.ru*; *ribina\_evgenia@mail.ru*

<sup>2)</sup> Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS,  
20B, Glebovskaya str., 107258 Moscow, Russia; *firankova@gmail.com*; *ybuyvolov@gmail.com*

<sup>3)</sup> Voronezh state natural biosphere reserve named after V.M. Peskov  
Centralnaja usadba, Goszapovednik, Voronezh, 394080 Russia; *is@reserve.vrn.ru*

<sup>4)</sup> Central-Chernozem state natural reserve named after prof. V.V. Alekhin,  
p/o Zapovednoe, Kurskiy district, Kursk region, 305528 Russia; *filatova@zapoved-kursk.ru*

**Abstract.** The paper addresses long-term phenological trends for the white birch in the central part of European Russia based on multi-year observations of the beginning of the first leaf emergence phase; end of the leaf-fall phase, and vegetation duration for the period of 1976–2015 (the most intense global warming period). Overall, the current global warming affects the timeline of birch phases; however, geographic differences in phenological reactions have been observed. Plants growing in the northern part of the studied area react more actively to the warming in spring: the first leaf emergence phase begins earlier, and the vegetation lasts longer. In the southern part, the earlier spring ‘awakening’ trend has not been detected (trend was zero), while the vegetation duration trend was lower (less than 2.5 days in 10 years) in comparison with the north. Such diverse birch reactions to exterior temperature changes indicate complex relations between the birch phenology and climate.

**Keywords.** Climate change, phenology of birch, the first leaf emergence phase, end of the leaf-fall phase, period of vegetation, speed of phenological trend.

### Введение

Общеизвестен факт тесной связи климата и растительности. Классификации климата (Берга, Алисова, Иванова, Кеппена, Пенка, Будыко и Григорьева, и др.) в той или иной степени через системы различных индексов и показателей увязаны с пространственным распределением крупных растительных формаций или природных зон, причем многие авторы отмечают нелинейный характер этой связи (Ведюшкин и др., 1995). Важно отметить, что не только климат определяет характер растительности, но и последняя существенно влияет на формирование климата через регулирование процессов энерго- и массообмена, стока и испарения, в целом теплового баланса подстилающей поверхности; важна роль растительности в формировании газового состава атмосферы, перераспределении осадков (Минин, 1991; Minin, 2012).

---

Учитывая вышесказанное, а также инерционность как климата, так, в еще большей степени, и растительного покрова, не следует ожидать однозначной реакции зональной растительности на наблюдаемое потепление. Например, активного продвижения границ биомов к северу, смены видового состава, в том числе основных лесобразователей или эдификаторов, изменения параметров продуктивности и пр. Необходимо отметить, что средняя скорость смещения границ ареалов древесных видов составляет несколько десятков километров в столетие (Величко, 1992), то есть потенциальный сдвиг границ растительных зон заведомо отстает от темпов современных климатических изменений.

Казалось бы, фенологические реакции растений на изменения климата должны быть более определенными в силу очевидной зависимости сезонного развития растений от внешних условий, основными из которых выступают параметры климата конкретного года. В последние годы опубликовано достаточно большое количество работ по оценке тенденций в изменении фитофенологических характеристик отдельных регионов России за разные периоды времени и на основе различных методических подходов (Влияние..., 2001; Воскова, 2005; Гордиенко, Минин, 2006; Минин, 2000а, б; Минин, Воскова, 2014; ОД1, 2008; Региональные изменения..., 2001–2003; Соловьев, 2005 и др.). Целью данной работы является анализ процесса фенологического развития березы бородавчатой в центре европейской территории России (ЕТР) и присущих ему изменений в связи с наблюдаемым глобальным потеплением.

### Материал и методика

По аналогии с оценкой трендов температуры по средней скорости ее многолетних изменений (Доклад..., 2016), для фенологических характеристик также рассчитывались линейные тренды по многолетним рядам наблюдений (и также за 1976 – 2015 гг.). Очевидно, что не по всем точкам можно было представить данные за все годы указанного периода и что надежность оценок существенно зависит от количества пропусков, особенно на «хвостах» используемых рядов. В этом плане оценки статистической значимости трендов, учитывающие как величину тренда и долю объясняемой им дисперсии, так и реальный объем доступных наблюдений, представляются весьма информативными. Поэтому на картах выделены пункты с наиболее продленными рядами, в которых отсутствуют не более 4 последних значений (черные ромбы) и точки, в которых оценки статистически значимы на 5%-м уровне (белые кружки). Ромб оказывается внутри белого круга, если точка попала в обе группы – в этих точках оценки следует считать наиболее достоверными (реалистичными).

Тренд был аппроксимирован линейной функцией:

$$d^*(t) = At + B,$$

параметры которой (A, B) находились методом наименьших квадратов.

---

Эта функция наилучшим образом (в смысле минимума квадрата ошибки) аппроксимирует временной ряд  $\{d(t)\}$ . Здесь  $d(t)$  – дата (сутки в календарном году) сезонного явления в  $t$ -й год ( $t$ - год наблюдения). Значение коэффициента  $A$  дает среднюю скорость изменения рассматриваемой характеристики (ед./год) на исследуемом отрезке времени.

Календарные даты переводились в непрерывные ряды путем отсчета от 1 марта (Зайцев, 1984). Например, 31 марта – 31, 1 апреля – 32 и т.д. В этих величинах построены картосхемы средних многолетних значений на рисунках 2 - 4.

Источником фенологических данных послужили материалы наблюдений за березой бородавчатой (повислой) (*B. verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)) в заповедниках и на добровольной фенологической сети Русского географического общества (РГО), а также материалы календарей природы (Сезонная жизнь..., 1979, 1980). В работе использованы данные из 43 пунктов. В качестве фитофенологических характеристик выбраны даты разворачивания первых листьев и окончания листопада, а также продолжительность вегетации, рассчитанная как разность между указанными датами. Исследования показали, в частности, что у разных видов березы фенофазы начинаются при одинаковых экологических условиях, которые, таким образом, являются общими для рода *Betula* (Елагин, 1976).

За начало фазы разворачивания первых листьев принималась дата, когда эта фаза наблюдалась у 10% особей одного вида в группе, или у 2-3 экземпляров. Если наблюдения ведутся за одним экземпляром, начало фазы отмечают, когда распустятся до 10% листьев. Датой окончания листопада считался день, когда кроны деревьев полностью обнажались. Сохранившиеся на побегах усохшие листья, как и запоздавшие с окончанием листопада отдельные экземпляры деревьев, в расчет не принимались (Фенологические наблюдения..., 1982, Аксенова и др., 1985). Эти фазы позволяют охарактеризовать динамику вегетационного периода на рассматриваемой территории за указанный период времени с фенологических позиций.

## Результаты

За начало периода современного потепления в настоящей работе, следуя сложившейся практике, принят 1976 год – см., например, Оценочные доклады МГЭИК (IPCC, 2013), Оценочные доклады Росгидромета (ОД1, 2008; ОД2, 2014), ежегодные Доклады о состоянии климата на территории РФ (Ежегодные..., 2012-2016) и др.

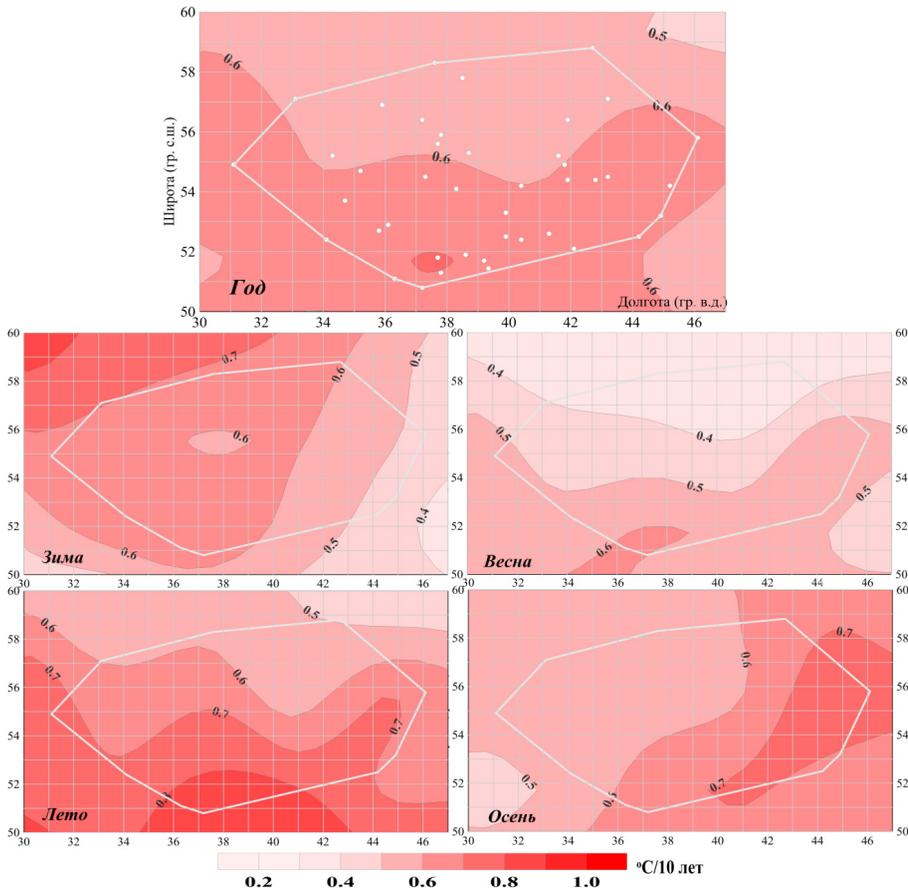
В Докладе... (2016) и в бюллетенях мониторинга климата, ежесезонно публикуемых на сайтах ИГКЭ (Бюллетень..., 2016), представлена информация о характере современных климатических изменений на территории России и приведены их оценки по данным наблюдений за 1976-2015 гг.

В соответствии с этими оценками, средняя скорость повышения среднегодовой температуры воздуха в течение 1976-2015 гг. составила  $0.45^{\circ}\text{C}/10$  лет. Потепление отмечается на всей территории РФ.

---

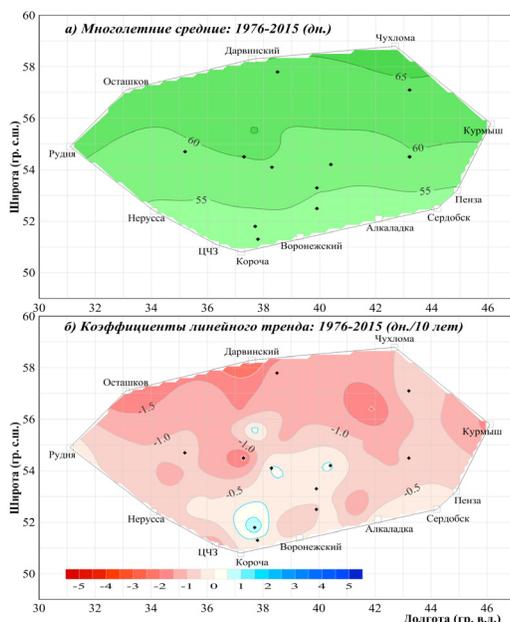
Наиболее быстрый рост, в среднем по территории РФ, наблюдается весной ( $0.59^{\circ}\text{C}/10$  лет). Весной и осенью максимум потепления – на побережье Восточно-Сибирского моря, зимой – на северо-западе ЕТР. Летом самое быстрое потепление происходит на западе ЕТР южнее  $55^{\circ}$  с.ш. В среднем по территории ЕТР коэффициенты линейного тренда составили: год – 0.54, зима – 0.49, весна – 0.45, лето – 0.54, осень –  $0.59^{\circ}\text{C}/10$  лет (Доклад, 2016). Таким образом, на территории ЕТР, в отличие от территории России в целом, тенденция к потеплению весенних сезонов заметно слабее.

В статье рассматривается территория между 51 и 59 град. с.ш. и 31 и 46 град. в.д. На рис. 1 приведено распределение оценок трендов конкретно для рассматриваемой в данной работе территории. Это распределение получено как извлечение из глобальных полей, представленных в работах (Груза и др., 2016; Доклад..., 2016) для земного шара. Дополнительно на рисунке показано расположение используемых в настоящей работе метеостанций. Можно видеть, что наиболее активно потепление весной и летом развивается в южной части рассматриваемой территории, но интенсивность потепления весной существенно слабее.



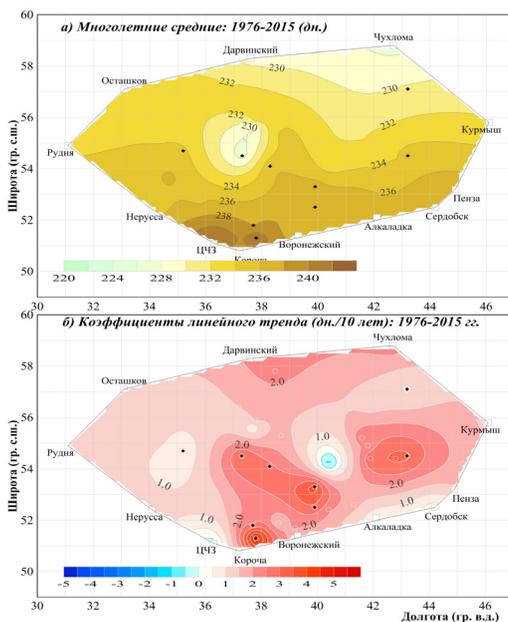
**Рисунок 1.** Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории РФ за период 1976-2015 гг. (Источник: Груза и др., 2016)

Развертывание первых листьев у березы фиксирует начало субсезона «разгар весны». Наступает в сроки от 23-24 апреля на юге до 4 мая на севере региона. Расположение изофен широтное с лагом примерно 2.5 дня на 1 градус широты (рис. 2а). Поле коэффициентов линейного тренда малоградиентное, с общей тенденцией к более раннему началу зеленения (тренд отрицательный), с определенным замедлением этого процесса с севера на юг (рис. 2б). В северной половине рассматриваемой территории скорость смещения в сторону более ранних сроков составила 1.0-1.5 дней в каждые 10 лет, в южной – менее одного дня. Это в определенной степени противоречит пространственной картине потепления весенних сезонов (рис.1). В этой связи следует, по-видимому, напомнить, что фаза начала зеленения связана не с сезоном весны в целом, а лишь с первой его половиной (рис. 2а). Кроме того, на фоне сравнительно слабой интенсивности весеннего потепления в данном регионе, этот результат может указывать на наличие каких-то факторов противоположной направленности, более сильных, чем локальное потепление.

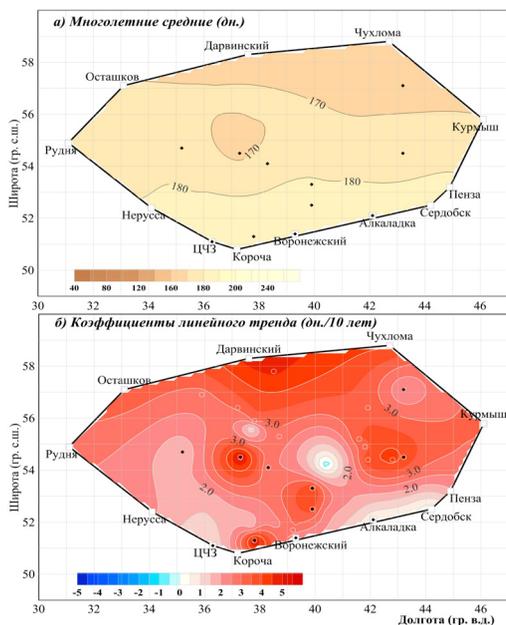


**Рисунок 2.** Развертывание первых листьев у березы бородавчатой за период 1976-2015 гг.  
 а) многолетние средние (отсчет в днях от 1 марта);  
 б) коэффициенты линейных трендов (дней/10 лет)

Окончание листопада у березы происходит в сроки от 14 октября на севере до 26 октября на юге региона (рис. 3а). Расположение изофен широтное с шагом около 2 дней на 1 градус широты. Характеризуется практически повсеместным смещением сроков на более позднее время (рис. 3б) со скоростями до 1-2 дня в десятилетие. Причем относительно низкие значения характерны для западного сектора; в центральном и восточном – скорости выше, что в целом соответствует пространственной картине климатического потепления осени (рис. 1).



**Рисунок 3.** Окончание листопада у березы бородавчатой за период 1976–2015 гг. а) многолетние средние (отсчет в днях от 1 марта); б) коэффициенты линейных трендов (дней/10 лет)



**Рисунок 4.** Продолжительность периода вегетации у березы бородавчатой за период 1976–2015 гг. а) многолетние средние (дни); б) коэффициенты линейных трендов (дней/10 лет)

---

Период вегетации у березы в среднем за 1976-2015 гг. составляет от 185 дней на юге до 165 дней на севере региона (рис. 4а). Расположение изолиний широтное, с шагом 2.5-4.0 дня на 1 градус широты. Доминирует тенденция к увеличению продолжительности (рис. 4б) со скоростью до 4-5 дней/10 лет на севере (т.е. на 2-3 недели за рассматриваемый период) и до менее 2 дней/10 лет и даже до 0 в южных областях.

### Обсуждение

Анализ пространственного распределения трендов дат фенологических явлений и продолжительности вегетационного периода березы в центральной части Русской равнины за период 1976–2015 гг. позволил дать дальнейшее развитие положениям, сформулированным нами ранее (Воскова и др., 2007; Минин, 1998, 2000 а, б; Минин, Гутников, 2000; Минин, Воскова, 2014).

В целом фенологические тенденции у березы в рассматриваемом регионе соответствуют климатическим изменениям температурного режима за период 1976-2015 гг. Весенние явления смещаются на более ранние сроки, осенние – на более поздние, возрастает продолжительность периода вегетации. Наиболее активны фенологические реакции севернее 54 град. с.ш. в зонах южной тайги и подтаежных лесов (Растительность..., 1980). Южнее, в зонах широколиственных лесов и луговых степей тренды дат разворачивания первых листьев практически отсутствуют. В этой связи полезно напомнить, что фаза начала зеленения связана не с сезоном весны в целом, а в основном с первой его половиной. Так, для одной из южных точек показано, что начало листораспускания у березы наиболее тесно связано с динамикой температур апреля, точнее, её первых двух декад (Сапельникова и др., 2012). Соответственно, если в целом вклад в потепление весеннего сезона в южных районах произошел за счёт второй половины, то на листораспускание березы это не окажет ускоряющего воздействия. А вот для северных районов, где сроки этой фазы начинаются позднее, потепление как в первой, так и в начале второй половины весны будут ведущим фактором в сдвиге фенофазы на более ранние сроки. Сравнительно низкие скорости увеличения продолжительности периода вегетации в южной части региона (общее возрастание продолжительности за весь период в среднем 6-8 дней, тогда как на севере до 3 недель) связаны в первую очередь с отсутствием здесь сдвига в динамике или незначительным опережением листораспускания у березы. Это при том, что повышение температуры как средней годовой, так и по отдельным сезонам, наиболее активно проходило в южной части рассматриваемой территории. Поэтому, для понимания механизмов воздействия ведущих факторов на сезонное развитие берёзы необходим дополнительный анализ пространственного распределения трендов среднемесячных весенних температур.

Более теплый температурный режим служит некоторой компенсацией короткого дня в конце лета и начале осени, от которого зависит запуск изменения окраски листьев и подготовка растений к зиме (Сапельникова, 2015). Смещение сроков листопада на более поздние происходит практически во всем регионе (рис.1, 3б).

---

---

Выявленные пространственные различия фенологических реакций растений одного вида соответствуют неоднородности изменений теплового режима года. Можно предположить, что в целом в регионе возможно дальнейшее увеличение продолжительности вегетационного периода у березы как за счёт более раннего листораспускания, так и за счёт более поздних сроков листопада. В средних широтах глубокий зимний покой у древесно-кустарниковых растений заканчивается к концу января, а то и раньше. Так как продолжительность действия холода должна быть не менее 2-3 месяцев, а температура не выше 3-5°C (Горышина, 1979), резерв гомеостатических механизмов приспособления древесно-кустарниковых видов к внешним воздействиям далеко не исчерпан.

В то же время следует учитывать пространственные различия в потребности растений в продолжительности периодов зимнего покоя и вегетации. Можно предположить, что у растений из северных широт есть более широкие резервы для сокращения периода полного зимнего покоя в «пользу» вегетационного по сравнению с растениями из южных широт. И эти различия отражаются в скоростях фенологических изменений. Однако это предположение нуждается в более детальном обосновании.

Следует отметить, что продолжительность периода зимнего (полного) покоя у березы (как и у других древесных растений умеренных широт) не может сокращаться бесконечно: в это время в растениях происходит комплекс важных биохимических процессов, направленных на подготовку к периоду вегетации. Препятствует сокращению периода полного покоя и продолжительность светового дня, которая прямо влияет на развитие листвы и листопад, и которая имеет четкий внутригодовой ход для той или иной географической точки. Можно также предположить в этой связи, что в случае продолжения потепления и достижения у березы в северных регионах оптимальной продолжительности периода зимнего покоя она также стабилизируется, и фенологические реакции на потепление ослабнут.

Таким образом, происходящие климатические вариации пока не оказывают критического влияния на функционирование как основных лесобразующих пород, так и растительных сообществ Русской равнины. Полученные на «фенологической основе» результаты дополняют выводы о неоднозначности связи растительности и климата, сделанные нами ранее при изучении характера пространственной связи показателей продуктивности растительного покрова и испаряемости (Ведюшкин и др., 1995). До определенного предела биота демпфирует направленные воздействия климата без существенных изменений структуры и целостности, и внешне ее реакция может достаточно продолжительное время не проявляться в явной форме. Очевидно, что на протяжении эволюции многочисленные вариации климата в ту или другую сторону переживались биотой средних широт именно таким способом. Весь вопрос в том, насколько серьезны наблюдаемые в настоящее время изменения климата и насколько антропогенная деятельность нарушила способность биоты в целом и отдельных ее компонентов выдерживать подобные «перегрузки».

---

### Список литературы

Аксенова Н.А., Ремизов Г.А., Ромашова А.Т. 1985. Фенологические наблюдения в школьных лесничествах. – М., Агропромиздат, 95 с.

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара. Приземная температура 2015 (годовой обзор). 2016. – М., ИГКЭ. <http://climatechange.su>, <http://climatechange.igce.ru>

Ведюшкин М.А., Колосов П.А., Минин А.А., Хлебопрос Р.Г. 1995. Мультистабильность на границах растительных зон. – Сибирский экологический журнал, т. 2, № 3, с. 253-262.

Величко А.А. 1992. Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки. – Изв. АН СССР, сер. Географическая, № 2, с. 89-102.

Влияние изменений климата на экосистемы. 2001.– М., Русский университет, 184 с.

Воскова А.В. 2005. Современные фенологические тенденции в природе центральной части Русской равнины. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени к. г. н. – М., 24 с.

Воскова А.В., Гордеева З.И., Минин А.А. 2007. Изменение продолжительности вегетации у березы бородавчатой на Восточно-Европейской равнине за последние десятилетия. – Изв. РАН, сер. Географическая, № 3, с. 59-61.

Гордиенко Н.С., Минин А.А. 2006. Фенологические тенденции последних десятилетий в природе Южного Урала. – Известия РАН, серия Географическая, № 3, с. 48-56.

Горышина Т. К. 1979. Экология растений: Учеб.пособие. – М., Высш. школа, 368 с.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я., Рочева Э. В., Самохина О. Ф. 2016. Климатические особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2015 г. – Фундаментальная и прикладная климатология, № 1, с. 104-136.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. 2016. – М., 67 с. ([www.igce.ru](http://www.igce.ru))

Ежегодные Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011-2015 гг. 2012-2016. – М., Росгидромет. <http://climatechange.su>, <http://www.igce.ru>

Елагин И.Н. 1976. Сезонное развитие сосновых лесов. – Новосибирск, Наука, 230 с.

Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М., Наука, 424 с.

---

Минин А.А. 1991. Климат и экосистемы суши: взаимосвязи и пространственно-временная изменчивость состояний. – Итоги науки и техники. Сер. метеорол. и климатол. – М., ВИНТИ, т. 19, 172 с.

Минин А.А. 1998. Изменения в сроках наступления некоторых фенологических явлений у деревьев на Русской равнине за последние 30 лет. – Бот. журнал, т. 83. № 6, с. 73-78.

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

Минин А.А. 2000(б). Фенологические особенности состояния экосистем Русской равнины за последние десятилетия. – Изв. РАН, серия Географическая, № 3, с. 75-80.

Минин А.А., Воскова А.В. 2014. Гомеостатические реакции деревьев на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты. – Онтогенез, т. 45, № 3, с. 162-169.

Минин А.А., Гутников В.А. 2000. Феноиндикация современных вариаций климата в европейской части России на примере некоторых лесообразователей и птиц. – Лесоведение, № 2, с. 68-74.

ОД1: Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. – М., Росгидромет, том I. Изменения климата, 227 с., том II. Последствия изменений климата, 291 с.

ОД2: Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2014. – М., Росгидромет, 1008 с.

Растительность европейской части СССР. 1980. – Л., Наука, 429 с.

Региональные изменения климата и угроза для экосистем. 2001-2003. Вып. 1-4. Алтай-Саянский, Чукотский, Кольский, Таймырский экорегионы. – М., Русский университет, 24 с.

Сапельникова И.И. 2015. Фенология осенних процессов древесно-кустарниковых видов в Воронежском заповеднике. – Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: Мат. между. научно-практ. конф., 17-18 декабря 2015 г. – ФГБОУ ВПО Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, с. 268-275.

Сапельникова И.И., Базильская И.В., Грибкова А.С. 2012. Некоторые факты потепления весенних сезонов в Воронежском заповеднике. – Тр. Воронежского государственного заповедника. Вып. XXVI. – Воронеж. Биомик Актив, с. 7-16.

Сезонная жизнь природы Русской равнины. Календари природы. 1979, 1980. – Л., Наука. Ленинградское отделение.

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

---

Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка). Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети. 1982. – Л., Наука. Ленинградское отделение, 223 с.

A.A. Minin.2012. Some Aspects of Interrelations between Terrestrial Ecosystems and the Changing Climate. *Biology Bulletin Reviews*, vol. 2, No. 2, p. 176-182.

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* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

*Статья поступила в редакцию: 04.08.2016.*