

УДК [581.543 : 573.4] : [551.524 + 551.578.46](470.21)

## Влияние низких температур на феноритмы растений различных жизненных форм в антропогенных условиях Крайнего Севера

Р.Б. Гасанов<sup>1</sup>, В.К. Жиров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Биологический факультет МГТУ, Ботанический сад

<sup>2</sup> Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН

**Аннотация.** Работа посвящена изучению влияния температурного фактора на ритмы роста и развития представителей урбанизированной флоры высших растений. Вместе с метеорологическими данными в ней представлены результаты фенологических наблюдений 2007-2009 гг. за растениями различных жизненных форм, произрастающими в городской черте г. Мурманска. Полученные данные обсуждаются с позиций представлений о двух стратегиях адаптаций у растений.

**Abstract.** Phenological characteristics of vascular plant of different growth types cultivated in the North town (Murmansk) conditions were studied in 2007-2009 in connection with long-term temperature variations. The obtained data have been under discussion on the basis of two plant adaptive strategies opinion and theory of plant cyclic senescence and rejuvenilization.

**Ключевые слова:** фенологические фазы, фенологический спектр, жизненная форма, сосудистые растения и температура, фенология растений, стратегии адаптаций

**Key words:** phenological phases, phenological spectra, growth form, vascular plants, low temperature resistance, plant adaptive strategies

### 1. Введение

Растительность промышленно развитых районов Кольского полуострова испытывает комплекс неблагоприятных воздействий, в котором суммируются эффекты естественных (в частности, климатических) и антропогенных факторов. Оценка вклада каждого из них является весьма сложной задачей, решение которой связано с использованием неспецифических показателей состояния организма растения (Жиров и др., 2001). Традиционно к таким показателям относят ритмы роста и развития, обычно оцениваемые по фенологическим параметрам, через вариабельность которых опосредуются воздействия как природного, так и антропогенного происхождения (Жиров и др., 2001). Использование их для изучения антропогенного воздействия возможно при условии выделения наиболее значимых эффектов естественных факторов, среди которых на Крайнем Севере доминирует низкотемпературное воздействие. В связи с этим на первом этапе нашей работы, посвященной изучению влияния городских условий на представителей урбофлоры высших растений, представляло интерес выявить наиболее важные низкотемпературные эффекты в отношении прохождения ими основных фенофаз. Поскольку, согласно теории циклического старения и омоложения растений Н.П. Кренке (1940), особенности динамики этого процесса во многом определяются физиологическим возрастом растения, который, в свою очередь, модулируется изменчивостью его жизненной формы, в работе исследовали растения древесной (многоствольного дерева), кустарниковой, кустарничковой и травянистой форм.

### 2. Материал и методы

Объектами работы служили сосудистые растения жизненных форм: многоствольное дерево (*Betula sp.*, *Sorbus gorodkovil Pojak.*), кустарник (*Salix caprea L.*), кустарничек (*Vaccinium myrtilus*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis – idaea L.*, *Ledum palustris L.*, *Andromeda polifolia L.*, *Chamaepericlymenum suecicum (L.) Aschers. Et Graebn*) и травянистая жизненная форма (*Linna borealis L.*, *Trientalis europaea L.*, *Solidago lapponica With*, *Pyrola rotundifolia L.*, *Achillea millefolium L.*, *Tussilago farfara*, *Rumex confertus*, *Chamaenerion angunifolium*).

Фенологические наблюдения проводились в 2007-2009 гг. в районе оз. Среднее. Наблюдения проводились по методике "Летописи природы" (Сезонная жизнь..., 2001). Фенологические фазы регистрировались согласно классификации А.П. Шиманюка (1976), даты начала фенологических фаз занесены в табл. 2. Для оценки температурных эффектов использовались метеорологические данные по г. Мурманску, представленные на сайте GISMETEO (раздел: дневник погоды).

Таблица 1. Метеорологические показатели в апреле-июне 2007-2009 гг.

	суммы среднесуточных температур			число дней с температурой ниже 0°C			число дней с выпадением снега		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
апрель	13,4	-41,75	6	13	22	13	17	14	8
май	130,3	113	196,5	2	8	–	8	16	2
июнь	248	302,5	290	–	–	–	–	4	–
<b>Итого:</b>	<b>391,7</b>	<b>373,75</b>	<b>492,5</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>10</b>

### 3. Результаты и обсуждение

Данные по суммам среднесуточных температур, числу дней с температурой ниже 0°C и числу дней с выпадением снега в апреле-июне 2007-2009 гг. приведены в табл. 1.

Как видно, по всем трем использованным метеорологическим характеристикам 2008 г. был наиболее холодным, а самым теплым – 2009 г. При этом обращают на себя внимание более резкие перепады температурных характеристик в 2008 г. в сравнении с другими годами: хотя сумма среднесуточных температур за три месяца 2008 г. была минимальной, в июне она была выше, чем в 2007 и 2009 гг., несмотря на зарегистрированные 4 дня снегопада.

В табл. 2 представлены сроки начала фенологических фаз 2007-2009 гг. для исследуемых растений.

На рис. 1 показаны фенологические спектры многоствольных деревьев (*Betula sp.*) и кустарников (*Salix caprea L.*) в 2007-2009 гг. Как видно, с 2007 по 2009 г. у растений берез удлинились фазы цветения и созревания, сдвинувшись на более поздние сроки (с 36 дней в 2007 до 46 дней в 2009 г.), а фаза плодоношения сократилась (табл. 2). У растений ивы, напротив, фаза цветения в течение трех лет заметно сократилась за счет более позднего наступления и более раннего окончания (с 86 дней в 2007 до 34 в 2009 г.). При этом продолжительность фаз плодоношения (2007 г. – 23 дня; 2008 г. – 10 дней; 2009 – 30 дней) и созревания (2007 г. – 18 дней; 2008 г. – 5 дней; 2009 – 14 дней) была явно меньше в 2008 г. в сравнении с 2007 и 2009 гг. (табл. 2).

На рис. 2 представлены результаты изучения фенологических спектров пяти представителей жизненной формы кустарничка. Из рис. 2 следует, что у кустарничков холодные условия вегетации изменяют фазу цветения, либо (1) задерживая ее наступление и не влияя на сроки ее окончания (черника: 2007 г. – 27 дней; 2008 г. – 9 дней; 2009 г. – 16 дней; дерен шведский: 2007 г. – 53 дня, 2008 г. – 18 дней, 2009 г. – 40 дней); либо (2) задерживая и ее наступление, и окончание, но в большей степени первое (брусника: 2007 г. – 57 дня, 2008 г. – 40 дней; 2009 г. – 25 дней; багульник: 2007 г. – 34 дня, 2008 г. – 41 день, 2009 г. – 10 дней); либо (3) удлиняя ее за счет более раннего наступления (подбел: 2007 г. – 23 дня; 2008 г. – 44 дня, 2009 г. – 34 дня) (табл. 2). При этом в следующем (2009) году наблюдалась тенденция к восстановлению прежних сроков наступления и продолжительности фенофаз, но не в полной мере.

На рис. 3 показаны фенологические спектры четырех представителей травянистой жизненной формы. Можно отметить, что у представителей травянистых наблюдалась реакция, аналогичная реакции (1) кустарничков (линея северная: 2007 г. – 33 дня, 2008 г. – 11 дней, 2009 г. – 39 дней; золотарник: 2007 г.

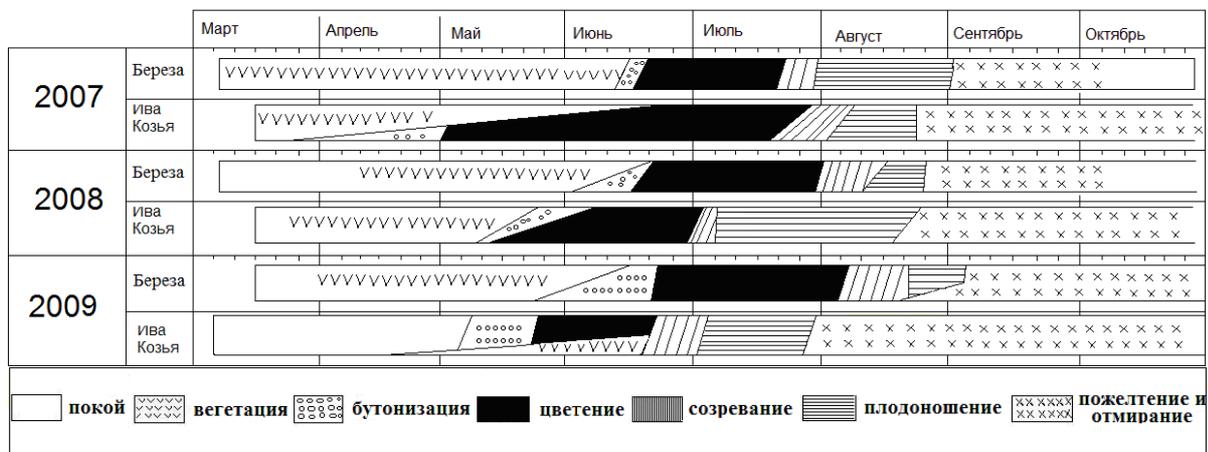


Рис. 1. Фенологические спектры представителей жизненных форм многоствольного дерева и кустарника в 2007-2009 гг.



Таблица 2. Сроки начала фенологических фаз

Жизненная форма	Название вида	Год	Вегетация	Бутонизация	Цветение	Созревание	Плодоношение	Отмирание и пожелтение	
Многоствольное дерево	<i>Betula sp.</i> (береза)	2007	22.05 - 09.06	15.06 - 20.06	17.06 - 22.07	23.07 - 30.07	29.07 - 02.09	04.09	
		2008	05.06 - 24.06	01.06 - 15.06	15.06 - 01.08	01.08 - 15.08	14.08 - 25.08	24.08	
		2009	24.05 - 23.05	25.05 - 26.06	22.06 - 06.08	06.08 - 21.08	21.08 - 04.09	20.08	
Кустарник	<i>Salix caprea L.</i> (ива козья)	2007	08.03 - 12.07	23.03 - 03.05	02.05 - 26.07	18.07 - 06.08	04.08 - 27.08	30.09	
		2008	05.04 - 20.05	10.05 - 06.06	08.05 - 02.07	29.06 - 04.07	05.07 - 25.08	10.08	
		2009	03.04 - 05.05	03.05 - 23.05	23.05 - 26.06	27.06 - 05.07	05.07 - 29.07	30.07	
		2007	22.05 - 19.06	25.05 - 06.06	06.06 - 02.07	06.07 - 10.07	11.07 - 15.09		
		2008	25.05 - 13.06	15.06 - 22.06	23.06 - 02.07	17.08 - 20.09			
Кустарничек	<i>Vaccinium myrtillus</i> (черника)	2009	31.05 - 15.06	04.06 - 23.06	23.06 - 09.07	12.07 - 11.08	12.08 - 20.09		
		2007		25.05 - 06.06	07.06 - 03.08	02.08 - 25.08	26.08 - 15.09		
		2008		15.06 - 20.07	12.07 - 21.08	16.08 - 02.09	03.09 - 17.09		
		2009		12.06 - 04.07	11.07 - 05.08	06.08 - 27.08	30.08 - 14.09		
		2007		17.04 - 28.05	29.05 - 29.07	30.07 - 02.09	29.08 - 10.09		
		2008		17.06 - 04.07	05.07 - 16.08	08.08 - 28.08	28.08 - 14.09		
		2009		01.06 - 26.06	26.06 - 25.07	23.07 - 24.08	25.08 - 13.09		
		2007		14.06 - 25.06	24.06 - 14.07	16.07 - 17.08	18.08 - 07.09		
		2008		04.06 - 12.06	13.06 - 27.07	27.07 - 10.08	08.08 - 20.09		
		2009		01.06 - 12.06	14.06 - 18.07	15.07 - 25.08	23.08 - 26.09		
Травянистая	<i>Chamaerichthys suecicum (L.) Aschers. Et Graebn</i> (дерен шведский)	2007	10.05 - 06.06	07.06 - 13.06	14.06 - 06.08	06.08 - 20.08	17.08 - 25.09		
		2008	05.06 - 01.07	01.07 - 10.07	11.07 - 28.07	25.07 - 07.08	07.08 - 26.09		
		2009	01.07 - 26.07	24.06 - 10.07	06.07 - 16.08	15.08 - 27.08	24.08 - 22.09		
		2007	17.05 - 18.06	17.06 - 13.07	14.07 - 17.08	18.08 - 24.08	25.08 - 14.09		
		2008	10.05 - 28.07	27.07 - 08.07	08.07 - 20.07	21.07 - 07.08	08.08 - 21.09		
		2009	18.04 - 14.05	15.05 - 01.07	02.07 - 10.08	09.08 - 29.08	28.08 - 15.09		
		2007	01.05 - 02.06	05.06 - 16.06	17.06 - 04.08	03.08 - 06.08	05.08 - 09.09		
		2008	23.05 - 14.06	14.06 - 23.06	24.06 - 06.07	05.07 - 01.08	02.08 - 25.08		
		2009	01.06 - 18.06	19.06 - 28.06	29.06 - 23.07	25.07 - 06.08	07.08 - 16.09		
		2007	16.05 - 04.06	03.06 - 25.06	24.06 - 23.08	24.08 - 03.09	04.09 - 10.09		
Травянистая	<i>Solidago lappronica With</i> (золотарник лапландский)	2008	28.06 - 05.07	05.07 - 17.07	18.07 - 20.08	20.08 - 05.09	05.09 - 15.09		
		2009	01.06 - 23.06	24.06 - 06.07	07.07 - 20.08	20.08 - 10.09	10.09 - 15.09		
		2007	23.05 - 14.06	19.06 - 15.07	13.07 - 06.08	05.08 - 18.08	17.08 - 15.09		
		2008	в течение сезона наблюдалась только вегетация (образование листьев)						
		2009	04.05 - 20.05	19.05 - 20.06	18.06 - 01.08	28.07 - 26.08	25.08 - 06.09		

– 60 дней; 2008 г. – 33 дня; 2009 г. – 44 дня) и сходная с реакцией кустарника ивы козьей (седмичник европейский: 2007 г. – 48 дней, 2008 г. – 12 дней, 2009 г. – 24 дня) с той разницей, что у ивы сокращение продолжительности цветения происходило за счет задерживания начала и более раннего окончания этой фазы, а у седмичника – только за счет ее раннего завершения. Единственный для всех исследованных объектов случай полного выпадения фазы цветения в холодном 2008 году наблюдался у грушанки круглолистной.

#### 4. Заключение

В результате сравнительного анализа эффектов влияния холодной весны – начала лета на феноритмы растений различных жизненных форм в антропогенных условиях Крайнего Севера мы установили, что обнаруженные реакции имеют определенную инерцию, проявляясь не только непосредственно после воздействия, но и во время вегетации следующего, наиболее теплого, 2009 года. Можно думать, что эта инерция имеет важное адаптивное значение и широко распространена среди многолетних растений, о чем свидетельствует ее наличие практически у всех исследованных растений различных жизненных форм.

Поскольку поддержание генеративной функции в экстремальных условиях является важным показателем устойчивости растений, вариабельность сроков наступления и продолжительности фазы цветения и непосредственно связанных с ней фаз бутонизации и созревания плодов отражает многообразие их адаптивных реакций. Следует подчеркнуть, что, будучи представителями аборигенной флоры, все объекты исследования высокоустойчивы в местной среде по определению. Поэтому различия в фенологических реакциях на холодное начало вегетационного периода 2008 г. можно объяснить различиями в адапционных стратегиях исследуемых жизненных форм.

Реакция многоствольных деревьев (берез) – заметное удлинение фазы цветения на протяжении двух лет, компенсируемое ускорением плодоношения и созревания плодов, в результате чего общая продолжительность генеративных фаз практически не изменяется – свидетельствует о высокой эффективности их адаптивных механизмов, с одной стороны, и выраженной пассивной стратегии адаптации – с другой. Существенно, что при этом практически не изменяется продолжительность последней фазы пожелтения и сбрасывания листьев, необходимой для формирования глубокого покоя – необходимого фактора высокой зимостойкости (Жиров и др., 2001).

Значительное сокращение продолжительности цветения высокоустойчивого кустарника ива козья компенсируется не пропорциональным удлинением последующих генеративных фаз, как у березы, а удлинением завершающей фазы старения вегетативных органов. Большая, чем у берез, зависимость фаз плодоношения и созревания плодов от фазы цветения позволяет заключить, что адаптивные механизмы ивы обеспечивают ей менее высокий уровень регуляции гомеостаза.

Разнообразие адаптивных реакций у представителей кустарничков, по-видимому, является результатом сочетания нескольких стратегий адаптации у представителей данной группы. В отличие от травянистых, которые также отличаются их разнообразием, фаза осеннего старения у сбрасывающих листву или завершающая вегетативная у сохраняющих ее во время перезимовки кустарничков более стабилизированы. О менее высоком, в сравнении с кустарничками, уровне адаптивных возможностей травянистых свидетельствует также единственный случай полной редукции генеративных фаз в случае грушанки круглолистной.

Таким образом, усложнение формы в ряду: травянистые растения – кустарнички – кустарники – деревья, видимо, связано с повышением роли генеративной сферы в адаптогенезе. Можно предполагать, что лабильность связи между отдельными генеративными фазами является прогрессивным качеством, обеспечивающим более совершенную регуляцию гомеостаза растений в неблагоприятных условиях.

#### Литература

- Жиров В.К., Кузьмин А.В., Руденко С.М., Костюк В.И., Кашулин П.А., Жибоедов П.М., Рапотина И.В., Литвинова С.В. Адаптации и возрастная изменчивость растений на Севере. *Апатиты, КНЦ РАН*, 350 с., 2001.
- Кренке Н.П. Теория циклического старения и омоложения растений и ее практическое применение. М., *Сельхозгиз*, 136 с., 1940.
- Сезонная жизнь природы Кольского севера. Мурманская область: 1994-2000 гг. Под ред. О.А. Макаровой. *Мурманск*, 68 с., 2001.
- Шиманюк А.П. Что и как наблюдать в природе: методика и программа фенологических наблюдений. М., *Акад. наук СССР*, 58 с., 1976.