

УДК 581.543

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-100-109

**РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИНОРАЙОННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ  
В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА***Л.А. Семкина, д-р биол. наук, вед. науч. сотр.; ResearcherID: [AAC-4433-2020](https://orcid.org/0000-0003-2351-3258),**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2351-3258>**Е.А. Тишкина, канд. с.-х. наук, науч. сотр., доц.; ResearcherID: [AAC-4442-2020](https://orcid.org/0000-0001-6315-2878),**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6315-2878>*

Ботанический сад УрО РАН, ул. 8 Марта, д. 202 а, г. Екатеринбург, Россия, 620014;

e-mail: Elena.MLOB1@yandex.ru, lidia.semkina@botgard.uran.ru

---

**Оригинальная статья** / Поступила в редакцию 05.03.20 / Принята к печати 11.06.20

---

**Аннотация.** На протяжении последних десятилетий температура воздуха на Земле повышается. В г. Екатеринбурге этот процесс начался с 1930-х гг. XX столетия. В 1940–1949 гг. температура резко понизилась, затем резко повысилась и вновь упала, особенно в 1967–1968 гг., когда погибли многие крупные интродуценты, считавшиеся адаптированными: *Phellodendron amurense* Rupr., *Pseudotsuga taxifolia* (Lindl.) Britt. В связи с цикличностью погодных условий необходимо было оценить особенности приспособления и состояния интродуцированных растений за последние годы. Неблагоприятными для многих видов, особенно для хвойных, являются бесснежные осенне-зимние месяцы и ранние весенние плюсовые температуры. Так произошло в 2014 г., когда 16 октября выпал обильный снег и сохранялся более двух недель, затем начались оттепели, снег стаял, далее наступили отрицательные температуры, растения не успели подготовиться к зиме. В марте 2015 г. воздух прогрелся до +10 °С, в то время как температура почвы долго сохранялась отрицательной и в результате физиологической сухости погибло 100 % особей пестролистных форм туи западной *Thuja occidentalis* L. 'Ellwangeriana Aurea', 'Ericoides'. У других форм крона отмерла до уровня снегового покрова, но при обильном естественном поливе восстановилась: 'Aureaspicata', 'Gold Pearl', 'Golden Globe', 'Lutescens', 'Semperaurea', 'Wareana Lutescens'. В связи с неуклонным ростом суммы положительных температур и достижением определенного возраста, многие виды хвойных вступили в фазу плодоношения и дали самосев: *Pinus peuce* Grieseb, *P. strobus* L., *Picea canadensis* (Mill.) Britt. et al., *P. pungens* Engelm., *Pseudotsuga taxifolia* (Lindl.) Britt., *Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast. В самый теплый 2016 г. последняя дала обильный урожай – красно-коричневые с выступающими семенными чешуями шишки – сильный ветер сбросил их все. Они пролежали зиму под снегом и не рассыпались (вероятно, плоды были недозревшими), вследствие этого *Abies sachalinensis* была принята за кетелерию (*Keteleeria fortunei* (A. Murray bis) Carrière), у которой шишки не распадаются. Небывалое цветение отмечено у *Crataegus oxyacantha* L. 'Rosea Plena', *Mespilus germanica* L., *Syringa reflexa* С.К. Schneid, *Hamamelis virginiana* L. С повышением среднегодовых температур увеличилось число лет с аномальными погодными условиями и ухудшилось состояние некоторых растений.

**Для цитирования:** Семкина Л.А., Тишкина Е.А. Рост и продуктивность инорайонных древесных видов в условиях Среднего Урала // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 6. С. 100–109. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-100-109

**Ключевые слова:** потепление климата, цветение, плодоношение, *Cupressaceae*, *Hydrangeaceae*, *Oleaceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae*.

## GROWTH AND PRODUCTIVITY OF NON-INDIGENOUS WOODY SPECIES IN THE MIDDLE URALS

*Lidia A. Semkina*, Doctor of Biology, Leading Research Scientist;

ResearcherID: [AAC-4433-2020](https://orcid.org/0000-0003-2351-3258), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2351-3258>

*Elena A. Tishkina*, Candidate of Agriculture, Research Scientist, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [AAC-4442-2020](https://orcid.org/0000-0001-6315-2878), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6315-2878>

Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. 8 Marta, 202a, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: [Elena.MLOB1@yandex.ru](mailto:Elena.MLOB1@yandex.ru), [lidia.semkina@botgard.uran.ru](mailto:lidia.semkina@botgard.uran.ru)

---

Original article / Received on March 5, 2020 / Accepted on June 11, 2020

---

**Abstract.** Climate warming has been recorded over the last decades. The air temperature in Yekaterinburg has been rising since the 1930s. Temperatures dropped sharply in 1940–1949, then rose sharply and fell again, especially in 1967–1968, when many large introduced species considered to be adapted died: *Phellodendron amurense* Rupr. and *Pseudotsuga taxifolia* (Lindl.) Britt. Due to the cyclical nature of weather conditions, it was necessary to assess the features of adaptation and state of the introduced plants in recent years. Snowless autumn and winter, temperatures above zero in early spring are unfavourable for many species, especially for conifers. Thus, in 2014 much snow fell on October 16 and melted in 2 weeks, temperatures below zero did not afford plants to prepare for the winter; in March 2015 the temperature rose up to +10 °C while the ground temperature was below zero for a long time. As a result of physiological dryness 100 % of specimens of variegated forms of northern white cedar *Thuja occidentalis* L. 'Ellwangeriana Aurea', 'Ericoides' died. In other forms the leafage died to the snow cover level and recovered after abundant rains: 'Aurea spicata', 'Gold Pearl', 'Golden Globe', 'Lutescens', 'Semperaurea' and 'Wareana Lutescens'. Due to a steady increase in the sum of positive temperatures and reaching a certain age, many conifer species entered the fruiting stage and gave self-seeding: *Pinus peuce* Grieseb, *Pinus strobus* L., *Picea canadensis* (Mill.) Britt. et al., *Picea pungens* Engelm., *Pseudotsuga taxifolia* (Lindl.) Britt., and *Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast. In the warmest year of 2016, the latter gave an abundant yield – red-brown cones with protruding seed scales; a strong wind dropped them all. They remained under the snow for the winter and did not crumble (probably, the fruits were unripe), so *Abies sachalinensis* was mistaken for *Keteleeria fortunei* (A. Murray bis) Carrière, which has cones that do not crumble. Unusual flowering was observed in *Crataegus oxyacantha* L. 'Rosea Plena', *Mespilus germanica* L., *Syringa reflexa* C.K.Schneid, *Hamamelis virginiana* L. With the rise in average annual temperatures, the number of years with abnormal weather conditions increased and the condition of some plants deteriorated.

**For citation:** Semkina L.A., Tishkina E.A. Growth and Productivity of Non-Indigenous Woody Species in the Middle Urals. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 6, pp. 100–109. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-100-109

**Keywords:** climate warming, bluming, fruting, *Cupressaceae*, *Hydrangeaceae*, *Oleaceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae*.

### Введение

Считается доказанным, что повсеместное потепление климата началось с 30-х гг. XX столетия [21], но с неизменной цикличностью, обусловленной цикличностью активности солнца. В настоящее время эта проблема является

актуальной [7, 11, 19]. Проанализировав метеоданные за два 35-летия с интервалом 100 лет, В.Е. Фадеева, Г.А. Фирсов и Н.Е. Бульгин [7] установили, что фенологическое лето стало наступать на 11 дней раньше, а фенологическая зима на 8 дней позже. Сумма температур в теплую часть года возросла на 15 % (с 2222 °С до 2558 °С), это равнозначно перемещению Санкт-Петербурга на 400 км к югу по широте [7–10]. Более раннее наступление сезонных процессов отмечают многие исследователи [2, 3, 14–17, 20]. Изменяется граница лесных насаждений, которые сокращают площадь тундры [4–6, 11–13] и поднимаются в горные массивы, вытесняя альпийские растения [1, 18].

Цель работы – оценить особенности приспособления интродуцированных растений при резких сменах погодных условий.

#### Объекты и методы исследования

Визуальные фенологические наблюдения проведены по общепринятой методике [3]. Исследованы коллекционные растения семейств *Cupressaceae* Bartl., *Hydrangeaceae* Dumort., *Oleaceae* Hoff. et Link., *Pinaceae* Lindl., *Rosaceae* Juss. Всего изучено 260 видов и сортов, при этом при аномальных погодных условиях отмечали нетипичные особенности у древесных растений. Климатические данные взяты за период 1900–2018 гг. из базы данных международного обмена NOAA, США ([https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Екатеринбурге](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Екатеринбурге)). Статистическая обработка информации и построение графиков выполнены с помощью программного пакета MS Excel 2010.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В г. Екатеринбурге изменение температуры характеризовалось повышением в десятилетие 1920–1929 гг., понижением в 1940–1949 гг., затем резким повышением, а потом вновь снижением среднегодовой температуры, особенно в 1967–1968 гг., когда погибли рядовые посадки 15-летних растений бархата амурского *Phellodendron amurense* Rupr. и (до снегового покрова) пихта Дугласа (*Pseudotsuga taxifolia* (Lindl.) Britt.). С 1970 г. последовало постепенное потепление. Самые высокие температуры отмечены в десятилетие с 2000 гг. (рис. 1). Колебание осадков незначительное, но заметное увеличение их количества наблюдается в два десятилетия – с 1990 и 2000 гг. (рис. 2).

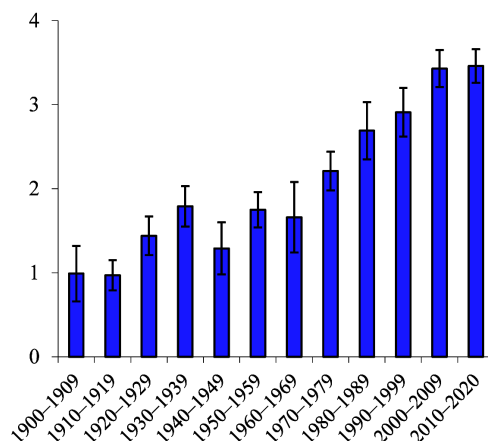
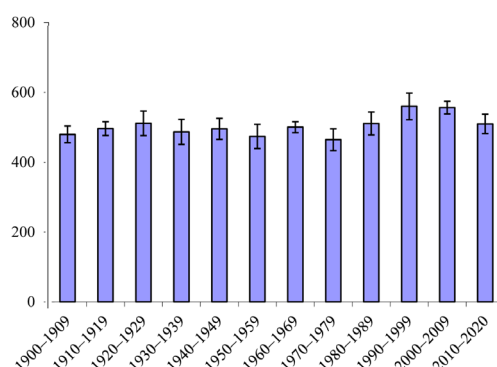


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха, °С, в г. Екатеринбурге за 10 лет с 1900 г.

Fig. 1. Average annual air temperatures for 10 years since 1900 in Yekaterinburg

Рис. 2. Среднегодовая сумма осадков, мм, в г. Екатеринбурге за 10 лет с 1900 г.

Fig. 2. Average annual precipitation for 10 years in Yekaterinburg since 1900



Состояние растений зависит не только от суммы положительных температур, но и от констелляции факторов внешней среды. Так, например, в 2010 г. несмотря на высокие показатели суммы положительных температур (см. таблицу) у многих видов растений не завязалось полноценных семян: *Syringa vulgaris*, *Weigela praecox*, значительное число видов барбариса и рябины – вследствие длительного отсутствия снегового покрова и сильных ветров вплоть до 1-й декады января. Отмечены ожоговые повреждения у туи западной *Thuja occidentalis* 'Columna' и ее пестролистных форм. Подобные данные получены и в Санкт-Петербурге. В одну из схожих по условиям зим снизилась зимостойкость у *Microbiota decussata* Kom. и *Juniperus davurica* Pall., хотя они считаются вполне зимостойкими [10].

#### Метеорологические показатели в г. Екатеринбурге

Год	Среднегодовая температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм	Сумма положительных температур, °С
2001	+2,5	624	2436
2002	+2,8	584	3354
2003	+4,0	489	3462
2004	+3,5	604	2617
2005	+4,0	457	2732
2006	+2,5	626	2536
2007	+3,8	575	2676
2008	+4,6	537	2732
2009	+3,2	552	2590
2010	+3,3	438	2696
2011	+2,9	424	2688
2012	+4,0	447	3226
2013	+2,7	490	2732
2014	+2,4	619	2367
2015	+3,6	644	2442
2016	+3,7	416	2920
2017	+3,5	506	2459
2018	+2,6	475	2472
2019	+3,9	582	2588
2020	+5,3	493	2869

В результате неуклонного повышения суммы положительных температур до 2010 г. произошел всплеск наивысшего цветения и плодоношения у видов *Phyladelphus*, *Hydrangea bretschneiderii*, сортовых сиреней и сортов *Syringa villosa* 'Preston', а также при почти ежегодном подмерзании обильно цвела сирень пониклая *Syringa reflexa* С.К. Schneid (рис. 3). Аномальность уральской погоды проявилась на следующий год. Осень 2011 г. была сухой и бесснежной, снег выпал только в конце декабря, но морозы достигали  $-20$  °С.

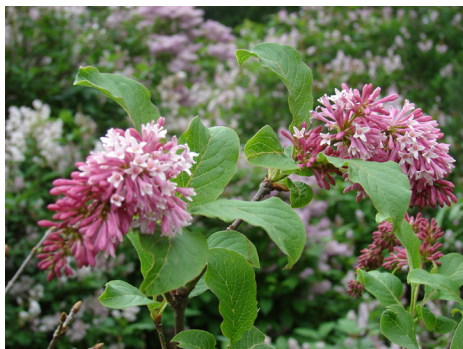


Рис. 3. *Syringa reflexa* С.К. Schneid

Fig. 3. *Syringa reflexa* С.К. Schneid

Весна оказалась затяжная, холодная погода стояла весь март до середины следующего месяца, но в 3-й декаде апреля температура резко поднялась до  $+20$  °С и даже до  $+30$  °С днем. Большинство видов откликнулось на эти условия, и произошел сдвиг всех фенологических фаз на две недели. Обильное цветение отмечено у многих раноцветущих растений – жимолостных и розоцветных. Этот год оказался критическим для многих интродуцированных видов семейств *Pinaceae*, *Taxaceae*, *Cupressaceae*. Погибли почти все особи 2–3 лет и даже 12-летние экземпляры *Picea canadensis* 'Conica', пострадали саженцы *Taxus baccata* L., кипарисовики, очень много отмерших побегов было у *Juniperus sibirica* 'Tamariscifolia', пострадали даже молодые побеги *Picea pungens* Engelm.

Наивысший пик положительных температур достигнут в 2012 г. – 3226 °С со среднегодовой температурой  $+4$  °С, но и предыдущие (2002–2003) теплые годы дали толчок небывалому плодоношению всех видов хвойных. Обильный самосев отмечен у *Pinus peuce* Griseb., *P. strobus* L., *Picea canadensis* (Mill.) Britt., *P. pungens* Engelm. После теплых лет *Pseudotsuga taxifolia* (Lindl.) Britt., которая погибла до уровня снегового покрова в 1968 г., восстановилась и начала обильно плодоносить и давать самосев. Наличие самосева является показателем адаптированности видов к новым условиям.

Обильное плодоношение отмечено у следующих видов хвойных: *Picea abies* (L.) Karst, *P. canadensis* (Mill.) Britt. et al., *P. engelmannii* Parry ex Engelm., *P. jezoensis* (Siebold et Zucc.) Carr., *P. mariana* Mill. B.S.P., *P. omorica* (Pancic) Purk., *P. pungens* Engelm., *P. rubens* Sarg. В связи с достижением возраста плодоношения и благоприятными условиями года впервые появились шишки у *Abies holophylla* Maxim., *A. sachalinensis* (F.Schmidt) Mast., *Pseudotsuga taxifolia* (Lindl.) Britt., *Tsuga canadensis* (L.) Carr., *Taxus baccata* L. 'Depressa Aurea'.

В 2013 г. плюсовые температуры наступили с 16 апреля, сумма положительных температур составила в этом месяце 157 °С, в следующем – 361 °С, заморозков не было, в результате чего образовались полноценные семена клена серебристого *Acer sacharinum* L.



В 2014 г. 16 октября внезапно выпал обильный снег и сохранялся более двух недель, затем были оттепели, снег стаял, далее отрицательные температуры сковали землю, не покрытую снегом, – растения не успели подготовиться к зиме. Еще более сильный удар был нанесен в марте 2015 г. (с 18 по 22 число держались плюсовые температуры). Днем ярко светило солнце, нагревая надземную часть кроны, температура воздуха доходила до +10 °С, в то время как температура почвы долго сохранялась отрицательной, вследствие этого у многих видов растений наступила физиологическая сухость. Туя западная и ее пирамидальные формы в защищенных условиях не пострадали. Гибель 100 % особей установлена у таких пестролистных форм, как *Thuja occidentalis* 'Elwangeriana Aurea', 'Ericoides'. У других форм крона погибла до уровня снегового покрова ('Aureaspicata', 'Gold Pearl', 'Golden Globe', 'Lutescens', 'Semperaurea', 'Wareana Lutescens'), но дождливое лето 2015 г. (644 мм осадков) способствовало ее восстановлению.

Кроме того, у многих видов увеличился однолетний прирост. Так, в 2014 г. у вейгелы Миддендорфа он составлял 55 см, а в 2015 г. – 150 см. Цветение из-за подмерзания верхних побегов (до 40 %) было только на нижних ярусах. Семена не вызрели по причине дождливого прохладного лета. Также мало семян созрело у вейгелы ранней, у которой побеги были повреждены на 30 %. Оба вида не успели подготовиться к зиме и ушли в покой в 2014 г. с неопавшими листьями.

Зима 2015–2016 гг. была относительно мягкой, что способствовало сохранению цветковых почек у большинства видов и форм. Лето оказалось очень жарким и сухим, температура днем доходила до +30 °С и выше (с середины мая по август). Благодаря этому многие виды обильно цвели. Особенно следует отметить пышное цветение махрового боярышника *Crataegus oxyacantha* 'Rosea Plena' (рис. 4), раньше оно не наблюдалось. Также обильно цвела мушмула *Mespilus germanica* L.



Рис. 4. *Crataegus oxyacantha* 'Rosea Plena'

Fig. 4. *Crataegus oxyacantha* 'Rosea Plena'

Осадков в мае–августе выпало в 4 раза меньше по сравнению с предыдущим годом. Из-за сухости многие виды уже в августе сбрасывали листья, особенно тополя, ивы. Формы туи западной без полива сбросили пожелтевшую коричневатую хвою. Однако с выпадением осадков в сентябре начались вторичный прирост побегов и вторичное цветение – у сиреней, яблонь, боярышников, вейгел.

Уникальной оказалась и осень 2016 г. В результате продолжительного вегетационного периода многие виды растений не успели подготовиться к зиме и сбросить листву. Сумма положительных температур в этом году составила 2920 °С, в 2015 – 2442 °С, в 2014 – 2367 °С. Плюсовые температуры держались до 15 октября.

В результате ряда теплых лет очень обильно начала плодоносить *Abies sachalinensis* (F.Schmidt) Mast. В 2016 г. в конце сентября вся территория вокруг пихты была усеяна темно-коричневыми с красноватым оттенком недозревшими шишками, с несколько выступающими семенными чешуями (рис. 5). На рисунке справа видны нераспавшиеся прошлогодние недозревшие шишки. Дерево находится в особых микроклиматических условиях: с двух сторон огорожено крупными растениями, лиственницей и орехом маньчжурским, и с двух сторон постройками; участок плодородный и расположен недалеко от водоема.



Рис. 5. *Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast.

Fig. 5 *Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast.

В 2017 г. в условиях затяжной прохладной весны произошла задержка фенофаз многих интродуцированных видов, а заморозки в конце мая–начале июня нарушили переопыление и образование плодов. В результате этого отмечены слабое плодоношение у многих видов боярышника, яблони и полное отсутствие плодоношения у рябины, аронии, вишни, а также у вейгелы ранней. У сорокалетней туи западной колонновидной формы погибла скелетная ветвь. В 2020 г. за счет довольно обильных осадков (582 мм) в предыдущем году дерево восстановилось от новых побегов.

Осенние заморозки в первых числах октября нарушили естественный ход вегетации: листья большинства видов свернулись и почернели, отсутствовало осеннее окрашивание из-за необразовавшихся антоцианов и флавонолов.

В конце октября и начале ноября с возвратом положительных температур обильно расцвел *Hamamelis virginiana* L. (рис. 6), являющийся редким растением для культивирования на Урале и в Сибири. В результате благоприятных теплых лет данное растение превратилось в крупный кустарник до 2,5 м высотой.



Рис. 6. *Hamamelis virginiana* L.

Fig. 6. *Hamamelis virginiana* L.

В 2019 г. полностью отсутствовало плодоношение у хвойных. В 2020 г. среднегодовая температура воздуха составила + 5,3 °С, сумма положительных температур – 2869 °С, вследствие этого все виды сосен образовали макроспорангии, и в 2021 г. ожидается обильное плодоношение у всех видов хвойных.

#### Выводы

1. В связи с потеплением климата многие интродуцированные растения, ранее считавшиеся малоустойчивыми, вступили в фазы цветения и плодоношения.

2. У большого числа интродуцированных видов хвойных при обильном плодоношении появился самосев как показатель адаптированности видов к новым условиям.

3. Одновременно с повышением среднегодовых температур увеличилось число лет с аномальными погодными условиями, ухудшающими состояние растений, особенно при наличии заморозков в конце мая–начале июня (2017 г.).

4. Критическими условиями для саженцев хвойных являются сухие и бесснежные осень и начало зимы (2010–2011 гг.), а для взрослых хвойных – наступление физиологической сухости (весна 2015 г.).

5. В результате необычно высоких температур весной у растений происходит сдвиг всех фенологических фаз (2012, 2021 гг.).

6. С ростом суммы положительных температур в условиях Урала и вследствие обильного плодоношения хвойных и лиственных растений увеличивается ассортимент, предлагаемый для озеленения городских территорий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Григорьев А.А., Ерохина О.В., Соковнина С.Ю., Шалаумова Ю.В., Балакин Д.С. Продвижение древесно-кустарниковой растительности в горы и изменение состава тундровых сообществ (хр. Зигальга, Южный Урал) // Журн. СФУ. Биология. 2018. Т. 11, № 3. С. 218–236. Grigor'ev A.A., Erokhina O.V., Sokovnina S.U., Shalaumova Yu.V., Balakin D.S. The Advance of Woody and Shrub Vegetation to the Mountains and Changes in the Composition of Tundra Communities (Poperechnaya Mountain, the Zigalga Mountain Range in the Southern Urals). *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya* [Journal of Siberian Federal University. Biology], 2018, vol. 11, no. 3, pp. 218–236. DOI: <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0067>

2. Жмылев П.Ю., Жмылева А.П., Карпукхина Е.А., Титовец А.В. Возможные причины изменения сезонного развития растений в связи с потеплением климата // Вестн. РУДН. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2003. № 9. С. 98–103. Zhmylev P.Yu., Zhmyleva A.P., Karpukhina E.A., Titovets A.V. Possible Reasons for Changes in the Seasonal Plant Development in Connection with Climate Warming. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Russian Journal of Ecology and Life Safety], 2003, no. 9, pp. 98–103.

3. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюл. Глав. ботан. сада. 1967. Вып. 65. С. 13–18. Lapin P.I. Seasonal Rythm of Woody Plant Development and Its Role in Introduction. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Central Botanical Garden], 1967, iss. 65, pp. 13–18.

4. Мазена В.С., Шиятов С.Г. Изменения климата и динамика плотности притундровых редколесий на верхней границе леса на Полярном Урале за последнее тысячелетие //



Бюл. Рос. нац. ком. по Междунар. геосферно-биосферной программе. 2003. № 2. С. 20–21. Mazepa V.S., Shiyatov S.G. Climate Changes and Density Dynamics of Tundra Sparse Forests on the Upper Forest Border in the Polar Urals for the Last Millennium. *Byulleten' Rossiyskogo natsional'nogo komiteta po mezhdunarodnoy geosferno-biosfernoy programme*, 2003, no. 2, pp. 20–21.

5. Моисеев П.А., Ван дер Меер М., Риглинг А., Шевченко И.Г. Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала // Экология. 2004. № 3. С. 163–171. Moiseev P.A., Shevchenko I.G., Meer M.V.D., Rigling A. Effect of Climatic Changes on the Formation of Siberian Spruce Generations in Subglotsy Tree Stands of the Southern Urals. *Ekologia* [Russian Journal of Ecology], 2004, no. 3, pp. 163–171.

6. Моисеев П.А., Гайсин И.К., Бубнов М.О., Моисеева О.О. Динамика древесной растительности на участках остепненных склонов Южного Крака в последние 80 лет // Экология. 2018. № 2. С. 157–162. Moiseev P.A., Bubnov M.O., Moiseeva O.O., Gaisin I.K. Dynamics of Tree Vegetation in Steppified Areas on the Slopes of the Southern Kraka Massif during the Past 80 Years. *Ekologia* [Russian Journal of Ecology], 2018, no. 2, pp. 157–162. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059718020105>

7. Фадеева И.В., Фирсов Г.А., Булыгин Н.Е. Биоклиматическая цикличность в Санкт-Петербурге в конце XX в. и ее влияние на интродуцированную и местную дендрофлору // Ботан. журн. 2009. Т. 94, № 9. С. 1351–1358. Fadeyeva I.V., Firsov G.A., Bulygin N.E. Bioclimatic Cyclicality in Saint Petersburg in the Late 20th Century, and Its Influence on Introduced and Native Dendroflora. *Botanicheskii Zhurnal*, 2009, vol. 94, no. 9, pp. 1351–1358.

8. Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Фадеева И.В. Уровни адаптированности древесных видов растений Красной книги России, интродуцированных в Санкт-Петербурге, в условиях изменения климата // Вестн. ВолГУ. Сер. 11: Естеств. науки. 2012. № 2(4). С. 16–27. Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Fadeyeva I.V. Levels of Adaptation of Woody Species of Red Data Book of Russia in St.-Petersburg in the Age of Climate Change. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennyye nauki* [Science of VolSU. Natural sciences], 2012, no. 2(4), pp. 16–27.

9. Фирсов Г.А., Фадеева И.В., Волчанская А.В. Влияние метео-фенологической аномалии зимы 2006/07 года на древесные растения в Санкт-Петербурге // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2008. № 6. С. 22–28. Firsov G.A., Fadeyeva I.V., Volchanskaya A.V. Influence of Meteor-Phenological Anomaly of Winter 2006/07 on Arboreal Plants at Saint-Petersburg. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2008, no. 6, pp. 22–28.

10. Фирсов Г.А., Фадеева И.В., Волчанская А.В. Фенологическое состояние древесных растений в садах и парках С.-Петербурга в связи с изменениями климата // Ботан. журн. 2010. Т. 95, № 1. С. 23–37. Firsov G.A., Fadeyeva I.V., Volchanskaya A.V. Phenological State of Arboreal Plants in Gardens and Parks of St. Petersburg in the Context of Climatic Changes. *Botanicheskii Zhurnal*, 2010, vol. 95, no. 1, pp. 23–37.

11. Хантемиров Р.М., Горланова Л.А., Сурков А.Ю., Шиятов С.Г. Экстремальные климатические события на Ямале за последние 4100 лет по дендрохронологическим данным // Изв. РАН. Сер.: Географическая. 2011. № 2. С. 89–102. Hantemirov R.M., Gorlanova L.A., Surkov A.Yu., Shiyatov S.G. Extreme Climate Events in Yamal for the Last 4100 Years According to Dendrochronological Data. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2011, no. 2, pp. 89–102.

12. Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 216 с. Shiyatov S.G. *Dynamics of Woody and Shrub Vegetation in the Polar Urals under the Influence of Current Climate Change*. Yekaterinburg, UB RAS Publ., 2009. 216 p.

13. Шиятов С.Г., Мазена В.С. Климатогенная динамика лесотундровой растительности на Полярном Урале // Лесоведение. 2007. № 6. С. 11–22. Shiyatov S.G., Mazena V.S. Climate-Driven Dynamics of the Forest-Tundra Vegetation in the Polar Ural Mountains. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2007, no. 6, pp. 11–22.
14. Шмидт С.В. Биологические эффекты температурного воздействия на растения // Вестн. БФУ им. И. Канта. 2012. Вып. 7. С. 122–127. Schmidt S.V. The Biological Effects of Thermal Impact on Plants. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta* [IKBFU's Vestnik Natural and medical sciences], 2012, iss. 7, pp. 122–127.
15. Clark R.M., Thompson R. Predicting the Impact of Global Warming on the Timing of Spring Flowering. *International Journal of Climatology*, 2010, vol. 30, iss. 11, pp. 1599–1613. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.2004>
16. Cleland E.E., Chuine I., Menzel A., Mooney H.A., Schwartz M.D. Shifting Plant Phenology in Response to Global Change. *Trends in Ecology and Evolution*, 2007, vol. 22, iss. 7, pp. 357–365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.003>
17. Fitter A.H., Fitter R.S.R. Rapid Changes in Flowering Time in British Plants. *Science*, 2002, vol. 296, no. 5573, pp. 1689–1691. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1071617>
18. Hagedorn F., Shiyatov S.G., Mazena V.S., Devi N.M., Grigor'ev A.A., Bartysh A.A. et al. Treeline Advances along the Urals Mountain Range – Driven by Improved Winter Conditions? *Global Change Biology*, 2014, vol. 20, iss. 11, pp. 3530–3543. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12613>
19. Harsch M.A., Hulme P.E., McGlone M.S., Duncan R.P. Are Treelines Advancing? A Global Meta-Analysis of Treeline Response to Climate Warming. *Ecology Letters*, 2009, vol. 12, iss. 10, pp. 1040–1049. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01355.x>
20. Memmott J., Craze P.G., Waser N.M., Price M.V. Global Warming and the Disruption of Plant – Pollinator Interactions. *Ecology Letters*, 2007, vol. 10, iss. 8, pp. 710–717. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x>
21. Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R. et al. European Phenological Response to Climate Change Matches the Warming Pattern. *Global Change Biology*, 2006, vol. 12, iss. 10, pp. 1969–1976. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x>