



HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

17 / 2022



HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

17 / 2022

ISSN 1994-3849

Эл № ФС 77-33059 от 11.09.2008

Главный редактор

А. А. Прохоров

Редакционный совет

П. Вайс Джексон
Лей Ши
Йонг-Шик Ким
Т. С. Мамедов
В. Н. Решетников

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
Е. М. Арнаутова
А. В. Бобров
Ю. К. Виноградова
Е. В. Голосова
Е. Ф. Марковская
Ю. В. Наумцев
Е. В. Спиридович
К. Г. Ткаченко
А. И. Шмаков

Редакция

Е. А. Платонова
С. М. Кузьменкова
А. Г. Марахтанов

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 20, каб. 408.

E-mail: hortbot@gmail.com

<http://hb.karelia.ru>

© 2001 - 2022 А. А. Прохоров

На обложке:

Драконовы деревья в ботаническом саду 'Viera-i-Klaviho', о-в Гран Канария (фото А. Прохорова, 15.12.2011)

Разработка и техническая поддержка

Отдел объединенной редакции научных журналов ПетрГУ, РЦ НИТ ПетрГУ,
Ботанический сад ПетрГУ

Петрозаводск

2022

Продолжительность сезонов года и древесные растения в Санкт-Петербурге

ФИРСОВ
Геннадий Афанасьевич

Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН,
ул. Профессора Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022, Россия
gennady_firsov@mail.ru

ФАДЕЕВА
Инна Вадимовна

Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН,
ул. Профессора Попова, 2, г. Санкт-Петербург, 197022,
Россия
butvik@mail.ru

Ключевые слова:

наука, ex situ,
фенологический мониторинг,
времена года, Ботанический
сад, Санкт-Петербург,
древесные растения,
изменения климата

Аннотация: В Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН непрерывный фенологический мониторинг ведётся постоянно с 1980 г. Анализ сроков наступления и продолжительности сезонов за 42 года наблюдений (1980-2021 гг.) показал, что продолжительность зимнего сезона по сравнению с периодом 1953-1981 гг. сократилась с 32 % до 29 % года, а если брать только XXI век (2001-2021 гг.) - то до 26 %. Летний сезон увеличился с 19 % до 24 % года. Наблюдается небольшая тенденция к сокращению весны (с 23 % до 22 % года), за счёт более раннего наступления лета. В условиях потепления климата Санкт-Петербурга осенний период первых двух десятилетий XXI в. имеет тенденцию к удлинению, особенно второй половины осени. В таких условиях древесные растения, у которых окончание вегетации было вынужденным и прерываемым морозами, теперь успевают её завершить и подготовиться к зимовке. Более мягкие зимы способствуют расширению культурного ареала теплолюбивых экзотов. Наблюдения за индикаторами Календаря природы позволяют дать фенологическую оценку короткопериодных колебаний климата и его современного потепления с использованием многолетней дендрофенологической и метеорологической информации.

Получена: 16 мая 2022 года

Подписана к печати: 23 октября 2022 года

Введение

В основе сезонных явлений природы лежит сезонная изменчивость количества солнечной радиации, поступающей на единицу площади и определяющей сезонный ход погоды (Шульц, Родионов, 1964). Общепринятое разделение года на 4 сезона вызывается, прежде всего, изменениями температуры поверхности Земли. На территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области отчётливо выражены все четыре сезона года (Булыгин, Шульц, 1983). На основании смены аспектов природы сезоны подразделяются на подсезоны и феноэтапы (Булыгин, 1982). В отличие от астрономических, фенологические сезоны не

имеют твёрдых календарных границ, амплитуда погодичных колебаний в окрестностях Санкт-Петербурга может превышать 50 суток. Основными понятиями фенологии являются фенодаты, то есть календарные даты наступления данного сезонного явления и фенологические интервалы – то есть длительность периода между двумя сезонными явлениями. Основным методом изучения сроков наступления сезонных явлений служат фенологические наблюдения, которые применяются для визуальной регистрации сроков наступления как абиотических, так и биологических сезонных явлений (Шульц, 1970). В ботанических садах России фенологические наблюдения уже давно фактически признаны обязательными (Александрова и др., 1975; Фирсов, Смирнов, 2012). Главной, а часто и самостоятельной частью фенологической характеристики объекта или территории, является Календарь природы. Он основан на фенологической периодизации – подразделении года на различающиеся между собой фенологические периоды – сезоны, подсезоны (субсезоны) и феноэтапы, каждому из которых свойственно специфическое состояние объектов живой и неживой природы и особое их взаимодействие (Булыгин, 1980).

В настоящее время на базе феностационара Ботанического сада Петра Великого Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН (БИН), в сотрудничестве с феностационаром Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С. М. Кирова (ЛТУ) продолжают проводиться наблюдения по двум долгосрочным фенологическим программам: «Календарь природы Северо-Запада России» и «Биоклиматический мониторинг». Последняя предусматривает фенологическую оценку короткопериодных колебаний климата и его современного потепления с использованием многолетней дендрофенологической и метеорологической информации. Кроме того, уточняется фенологическая (то есть – естественная) периодизация годичного цикла развития ландшафта, проводится изучение фенологического биоритма различных групп растений, осуществляется оценка ритмо-адаптивных связей у местных и интродуцированных древесных пород, оценка связи уровней адаптации, толерантности и продуктивности местных и интродуцированных древесных растений с короткопериодными колебаниями климата и обусловленными ими явлениями биоклиматической цикличности. Исследования, проводившиеся со второй половины XX века кафедрой ботаники и дендрологии ЛТУ под руководством ныне покойного проф. Н. Е. Булыгина продолжают его ученики (Фирсов и др., 2008, 2009, 2010 и др.). При этом уточняются микроклиматические особенности Санкт-Петербурга и их воздействие на интродуцированную и местную дендрофлору, а также сроки прохождения фенофаз древесных растений в разных районах города (Фирсов, Фадеева, 2009а). Фенологические наблюдения важны для оценки сроков и особенностей цветения, периодичности и обилия плодоношения, для оценки продуктивности местных и интродуцированных древесных растений (Фирсов и др., 2015; Фирсов, Фадеева, 2020а,б).

Ботанический сад Петра Великого – давно и по праву один из важнейших центров интродукции растений на Северо-Западе России (Фирсов, Ярмишко, 2021), в то же время это важный фенологический центр (Фирсов, 2016а,б,в). Наблюдения по программе Календаря природы ведутся здесь непрерывно с 1980 г. Таким образом, имеются довольно продолжительные фенологические ряды, которые нуждаются в обработке.

В настоящей статье проанализированы даты наступления и длительности четырёх основных сезонов года в этом фенологическом стационаре: зимы, весны, лета и осени за 42-летний период 1980-2021 г. Рассмотрены тенденции в смещении сроков наступления сезонов. Н. Е. Булыгин и Г. Э. Шульц (1983) опубликовали фенологический календарь природы за период 1953-1981 г. с датами наступления сезонов и субсезонов года. Это позволяет сравнить их с современными данными конца XX - начала XXI вв.

За начало зимы и начало весны авторами статьи приняты метеорологические индикаторы: устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °C в сторону понижения и повышения соответственно. Другим, ранее используемым в Санкт-Петербурге индикатором наступления зимы, является установление устойчивого снежного покрова, но, в условиях

потепления климата, он становится менее точным. В участвовавшие тёплые зимы снег может появляться и таять в течение зимы неоднократно, и устойчивый снежный покров может отсутствовать вовсе.

На первом феноэтапе подсезона "Снеготаяние" появляются проталины на открытых местах, прилетают первые перелётные птицы (грачи и скворцы). За период 1953-1981 гг. средняя дата начала весны была 24 марта $\pm$ 20 сут. (Булыгин, Шульц, 1983). Индикаторами наступления лета являются зацветание сирени венгерской (*Syringa josikaea* Jack. fil.), шиповника майского (*Rosa majalis* Herrm.) и других видов шиповника, начало цветения малины (*Rubus idaeus* L.). По Н. Е. Булыгину, Г. Э. Шульцу (1983) лето наступало 16 июня $\pm$ 11 сут. На первом этапе подсезона "Начало осени" начинают расцветаться листья у берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) и берёзы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). В прошлом за 29 лет наблюдений (1953-1981 гг.) дата наступления осени была - 26 августа $\pm$ 12 сут. Дата начала подсезона "Первозимье" у Н. Е. Булыгина и Г. Э. Шульца (1983) - 29 ноября $\pm$ 20 сут.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются древесные растения интродуцированной и местной дендрофлоры в Санкт-Петербурге и дендрофеноиндикаторы Календаря природы. Исследование выполнено в феностанции Ботанического сада Петра Великого БИН РАН. Использованы литературные данные по интродукции древесных растений и результаты собственных наблюдений. Ежегодная оценка обмерзания проводится с начала 1980-х гг. по шкале П. И. Лапина (1967): 1 - отсутствие повреждений, 2 - подмерзание хвои и концов однолетних побегов, 3 - обмерзание годичных побегов, 4 - обмерзание побегов старше года, 5 - обмерзание растения до уровня снега, 6 - обмерзание растения до корневой шейки, 7 - вымерзание растения с корнем. В работе использованы данные метеостанции "Санкт-Петербург" Северо-Западного межрегионального территориального управления федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Обозначения фенофаз даны по Н. Е. Булыгину (1979). Естественная периодизация года приводится по Н. Е. Булыгину (1982).

Принятые обозначения: СТ1 - первый феноэтап подсезона "Снеготаяние", НЛ1 - первый феноэтап подсезона "Начало лета", НО1 - первый феноэтап подсезона "Начало осени", ПРз - "Первозимье" или начало зимы.

Результаты и обсуждение

Древесные растения Санкт-Петербурга, как культивируемые, так и дикорастущие, находятся под влиянием потепления климата (Мелешко и др., 2010; Фирсов и др., 2010; Фирсов, 2014; Фирсов, Волчанская, 2021). В Санкт-Петербурге повысились зимние минимальные температуры воздуха, заметно сократилась продолжительность сильных морозов и повторяемость холодных зим. В таких условиях очень важно проследить, остаются ли постоянными или смещаются и как сроки наступления сезонов года и удельный вес (их процентное соотношение) в годичном цикле развития природы.

В таблице 1 приводятся фактические данные календаря природы, даты наступления и продолжительность всех четырёх сезонов года, за период 42 лет наблюдений, 1980-2021 гг. В графе 2 приводится дата начала предшествующей зимы, так, для 1980 года это 29 ноября 1979 г. В графах 4, 6, 8, 10 указана ежегодная продолжительность каждого из четырёх сезонов года.

Таблица 1. Даты наступления и продолжительность сезонов года в Ботаническом саду Петра

Великого в Санкт-Петербурге

Table 1. Dates of beginning and duration of year seasons in Peter the Great Botanic Garden at Saint-Petersburg

Годы	Перво- зимье (ПРз) пред- шествую- щей зимы	Снего- таяние первый этап (СТ1)	Дли- тель- ность зимы	Начало лета первый этап (НЛ1)	Дли- тель- ность вес-ны	Начало осени первый этап (НО1)	Дли- тель- ность лета	Перво- зимье (ПРз)	Дли- тель- ность осени
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1980	29 ноября	28 марта	120	10 июня	74	24 августа	75	29 октября	66
1981	29 октября	22 марта	144	06 июня	76	28 августа	83	12 ноября	76
1982	12 ноября	13 марта	121	15 июня	94	26 августа	72	08 декабря	104
1983	08 декабря	14 марта	96	25 мая	72	24 августа	91	11 ноября	79
1984	11 ноября	28 марта	138	28 мая	61	22 августа	86	10 ноября	80
1985	10 ноября	14 марта	124	15 июня	93	04 сентября	81	16 ноября	73
1986	16 ноября	06 марта	110	05 июня	91	23 августа	79	03 декабря	102
1987	03 декабря	22 марта	109	11 июня	81	30 августа	80	07 ноября	69
1988	07 ноября	21 марта	135	30 мая	70	22 августа	84	30 октября	69
1989	30 октября	26 января	88	24 мая	119	23 августа	91	16 ноября	85
1990	16 ноября	29 января	74	26 мая	118	26 августа	92	12 ноября	78
1991	12 ноября	18 марта	126	09 июня	83	04 сентября	87	05 декабря	92
1992	05 декабря	29 февраля	86	08 июня	100	30 августа	83	24 октября	55
1993	24 октября	14 марта	141	29 мая	76	31 августа	94	05 ноября	66
1994	05 ноября	30 марта	145	06 июня	68	27 августа	82	03 ноября	68
1995	03 ноября	14 февраля	103	31 мая	107	20 августа	81	01 ноября	73
1996	01 ноября	24 марта	144	09 июня	77	08 сентября	91	11 декабря	94
1997	11 декабря	29 марта	108	11 июня	74	06 сентября	87	17 ноября	72
1998	17 ноября	27 марта	130	08 июня	73	03 сентября	87	08 ноября	66
1999	08 ноября	18 марта	130	06 июня	80	29 августа	84	07 ноября	70
2000	07 ноября	14 марта	128	02 июня	80	02 сентября	92	17 декабря	106
2001	17 декабря	30 марта	103	03 июня	65	28 августа	86	14 ноября	78
2002	14 ноября	17 марта	123	28 мая	72	31 августа	95	03 ноября	64
2003	03 ноября	23 марта	140	09 июня	78	3 сентября	86	06 декабря	94
2004	06 декабря	13 марта	98	05 июня	84	30 августа	86	17 ноября	79
2005	17 ноября	31 марта	134	07 июня	68	31 августа	85	04 декабря	95
2006	04 декабря	29 марта	115	04 июня	67	26 августа	83	20 января	147
2007	20 января	02 марта	41	31 мая	90	05 сентября	97	05 ноября	61
2008	05 ноября	07 марта	123	30 мая	84	02 сентября	95	08 декабря	97
2009	08 декабря	28 марта	110	01 июня	65	01 сентября	92	05 декабря	95
2010	05 декабря	26 марта	111	25 мая	60	04 сентября	102	21 ноября	78
2011	21 ноября	01 апреля	131	03 июня	63	26 августа	84	01 января	128

2012	01 января	02 апреля	92	01 июня	60	28 августа	88	28 ноября	92
2013	28 ноября	04 апреля	127	31 мая	57	01 сентября	93	11 января	132
2014	11 января	09 февраля	29	25 мая	106	02 сентября	100	22 декабря	111
2015	22 декабря	20 февраля	60	04 июня	105	27 августа	84	27 декабря	122
2016	27 декабря	27 января	31	25 мая	119	27 августа	94	02 ноября	67
2017	02 ноября	28 февраля	118	15 июня	108	30 августа	76	07 января	130
2018	07 января	01 апреля	84	25 мая	54	05 сентября	103	26 ноября	82
2019	26 ноября	15 марта	109	27 мая	73	25 августа	90	26 января	154
2020	26 января	09 февраля	14	4 июня	116	01 сентября	89	07 декабря	97
2021	07 декабря	24 марта	107	30 мая	67	28 августа	90	27 ноября	91

За этот период времени, от зимы 1979/80 до 2020/21 г. самым ранним началом зимнего сезона было 24 октября 1993 г. (дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения). При этом, в октябре наступление зимы отмечено только в 3 случаях: кроме 1993 г., это 29 октября 1981 г. и 30 октября 1989 г. Заметим, что ни одного такого случая не было в XXI веке. Самая поздняя дата начала зимы бывает в январе. Таких случаев пять, и все в XXI веке. Это 20 января 2007 г., 1 января 2012 г., 11 января 2014 г., 7 января 2018 г. и, наконец, 26 января 2020 г. Наблюдается тенденция к более позднему отодвиганию сроков наступления зимы (и, соответственно, к продлению осени). Это подтверждается также тем, что в XX веке в декабре зима наступала в 4 случаях: 8 декабря 1983 г., 3 декабря 1987 г., 5 декабря 1992 г. и 11 декабря 1997 г. В XXI веке за такой же интервал лет таких случаев уже 8, от 17 декабря 2001 г. до 7 декабря 2021 г. Во всех остальных, преобладающих, случаях зима наступает в ноябре.

Самые ранние сроки окончания зимы - в январе. Таких случаев всего 3: 26 января 1989 г. (рекордное значение), 29 января 1990 г. и 27 января 2016 г. В феврале это случалось 6 раз, от 29 февраля 1992 г. до 9 февраля 2020 г. А самые поздние значения - в апреле. Таких случаев, как и в январе, тоже три: 1 апреля 2011 г., 2 апреля 2012 г. и 4 апреля 2013 г. Наибольшее число случаев завершения зимы - в марте. Что касается продолжительности зимы, то рекордное значение, 147 сут., было в 1994 г. В XX веке случаев с длительностью зимнего периода более 140 сут. было всего четыре. Кроме выше отмеченного, это также 1981 г. - 144, 1993 г. - 141 и 1996 г. - 144 суток. В XXI веке такое было лишь однажды: 140 суток в 2003 г.

Самыми короткими зимами в XX веке с длительностью менее 100 сут. были: 96 сут. - 1983 г., 88 сут. - 1989 г., 74 сут. - 1990 г., 86 сут. - 1992 г., всего 4 случая. В XXI веке ситуация заметно изменилась, таких случаев уже 8, вдвое больше, а также появились короткие и очень короткие зимы. Изучению аномально тёплой зимы 2006/07 г. было посвящено отдельное исследование Г. А. Фирсова с соавторами (2008), та зима стала рекордно короткой на тот период времени - 41 сут. Позже её превзошли зимы 2013/14 г. (29 сут.) и 2015/16 г. (31 сут.). И наиболее короткой за весь период наблюдений стала зима 2019/20 г. - всего лишь в течение 13 сут., когда температура воздуха устойчиво достигала отрицательных значений. Январь 2020 г. (1,5 °С) оказался самым тёплым январём в истории инструментальных метеорологических наблюдений в Санкт-Петербурге, при этом с положительной температурой воздуха (до того самым тёплым был январь 1925 г.: -0,4 °С). Минимальная температура воздуха за зиму 2019/20 г.: -8,9 °С (5 февраля) стала самой тёплой с 1939 г., возможно, и за весь период наблюдений. С 9 февраля среднесуточная температура стала устойчиво положительной (индикатор наступления весны), а февраль оказался месяцем с положительной температурой воздуха (0,6 °С). Можно заметить, что положительная месячная температура в феврале - очень редкое явление, такими были до

этого всего 3 года - февраль 1974 г. (0,1 °С), 1989 г. (0,6 °С) и 1990 г. (1,7 °С) за весь период наблюдений с 1752 г. Март 2020 г., как и февраль, был уже с положительной температурой воздуха (2,2 °С) и очень тёплым. Таким образом, зима 2019/20 г. стала самой короткой в истории: период с устойчивой отрицательной температурой продолжался всего 14 сут., с 26 января по 8 февраля, после чего температура снова достигла положительных значений.

Очевидно, если потепление климата будет продолжаться, то может наступить такой период, когда будет отсутствовать устойчивая среднесуточная отрицательная температура воздуха. Тогда суточная температура может стать положительной в течение всего года. Можно заметить, что на начальный период этого ряда пришлось две холодных зимы, 1984/85 и особенно 1986/87 гг., катастрофические последствия которых на древесные растения в С.-Петербурге описаны в литературе (Комарова и др., 1988; Фирсов, Фадеева, 2009б и др.). В дальнейшем подобных зим с такими последствиями для деревьев и кустарников не было (хотя и случались неблагоприятные холодные зимы).

Весна (сезон начинается с даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения и заканчивается за день до зацветания *Syringa josikaea* - явления-индикатора начала лета) имеет тенденцию к сокращению: с 23 % до 22 % года по сравнению с данными Н. Е. Булыгина и Г. Э. Шульца (1983). Это можно объяснить более бурными и быстрыми весенними процессами на фоне более высоких температур. Что приводит к более раннему наступлению летнего сезона. Это подтверждается данными инструментальных метеорологических наблюдений. Если мы сравним среднемесячную температуру мая за 1980-2000 гг. (10,9 °С) и 2001-2021 гг. (12,1 °С) то в XXI веке она повысилась на 1,2 °С.

Соответственно, летний сезон (лето начинается с зацветания *Syringa josikaea* и заканчивается за день до начала изменения на осеннюю окраски листьев у *Betula pendula* и *Betula pubescens* - явления-индикатора наступления осени) увеличился с 19 % до 24 % года. Прежде всего за счёт более раннего начала. Если в прошлом лето наступало в середине июня (средняя дата за 1953-1981 гг. - 16 июня), то сейчас всё чаще дата его начала смещается на май. В XX в. таких случаев уже 9 из 21.

Самое раннее начало наступления осени отмечено 22 августа 1984 г., а самое позднее - в 1996 г., 8 сентября. Окончание осени (отмечается за день до устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения - метеорологического явления-индикатора наступления зимы), то есть за самое раннее - 23 октября 1992 г., а самое позднее - 26 января 2019 г. Если мы рассмотрим продолжительность осеннего периода, то самая короткая осень была в 1992 г. - 55 сут. (с 30 августа до 23 октября). Этому году немного уступали годы 2007 (61 сут.) и 2002 (63 сут.). В XX в. было 3 случая с длительностью осени более 100 сут. В XXI в. таких уже 7 случаев, при рекордном значении в 2006 г. - 148 сут. Это показывает на тенденцию удлинения осеннего периода, особенно его второй половины, в современных условиях потепления климата первых двух десятилетий XXI века (табл. 2).

Таблица 2. Продолжительность сезонов года в Санкт-Петербурге

Table 2. Duration of year seasons at Saint-Petersburg

Сезон года	1953-1981 гг. (Булыгин, Шульц, 1983)	1980-2021 гг.	2001-2021 гг.
------------	--------------------------------------	---------------	---------------

Зима	29 ноября – 23 марта, 115 суток, 32 % года	26 ноября – 12 марта, 107 суток, 29 % года	8 декабря – 13 марта, 95 суток, 26 % года
Весна	24 марта – 15 июня, 84 суток, 23 % года	13 марта – 2 июня, 82 суток, 22 % года	14 марта – 31 мая, 79 суток, 22 % года
Лето	16 июня – 25 августа, 71 суток, 19 % года	3 июня – 28 августа, 88 суток, 24 % года	1 июня – 29 августа, 90 суток, 25 % года
Осень	26 августа – 28 ноября, 95 суток, 26 % года	29 августа – 25 ноября, 88 суток, 24 % года	30 августа – 7 декабря, 98 суток, 27 % года

Как же изменчивость условий среды и продолжительности сезонов года влияют на древесные растения? Многие виды, у которых окончание вегетации раньше было вынужденным и прерываемым морозами, теперь успевают её завершить и подготовиться к зимовке. В условиях потепления климата границы зон зимней устойчивости растений (USDA Hardiness Zones), выделяемых на основании среднеминимальных температур воздуха (Фирсов, 2003) на территории Ленинградской области смещаются. Это означает возможность расширения культурного ареала теплолюбивых видов интродуцентов и перспективу продвижения экзотов на новые территории с учётом повышения их зимостойкости (Фирсов, Хмарик, 2016; Фирсов, Фадеева, 2020).

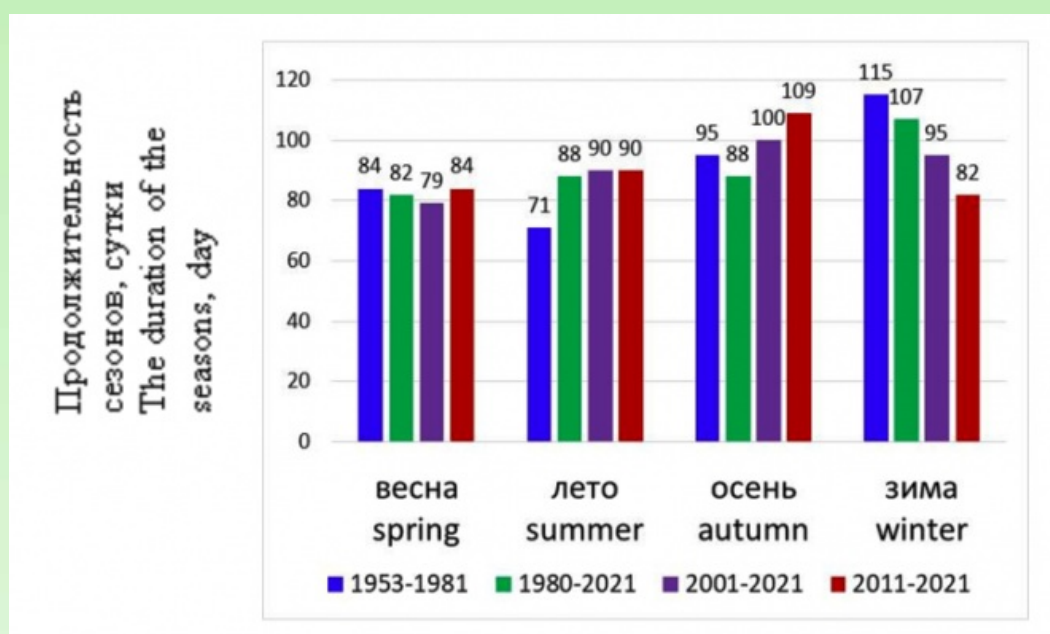


Рис. 1. Продолжительность сезонов года в Санкт-Петербурге по среднееголетним данным за периоды с 1953 по 2021 гг.

Fig. 1. The duration of the seasons in St. Petersburg according to the average annual data for the periods from 1953 to 2021.

Для современной климатической ситуации начала XXI века на основе фенологических

наблюдений разрабатывается ассортимент рекомендуемых для озеленения Санкт-Петербурга древесных растений (Фирсов и др., 2016а). Тенденция в направлении потепления климата, хотя далеко не всегда и не во всех случаях благоприятная для растений, открывает более широкие возможности в области декоративного садоводства, дает возможность выращивания большего числа теплолюбивых видов, культура которых была невозможна или очень ограничена в прошлом. С другой стороны, такое изменение среды способствует появлению и распространению болезней и вредителей (Фирсов и др., 2021). Изменение климатических факторов, главным образом температуры и влажности, приводит к ухудшению состояния деревьев и активизации патогенов (Фирсов и др., 2016б). За период с начала 1990-х гг., в парке БИН удалено более 400 деревьев вязов, засохших от голландской болезни (Фирсов, Булгаков, 2017, 2018).

Фенологические наблюдения имеют важное значение, полученные данные подвергаются обработке в зависимости от поставленной задачи. Одной из таких задач является оперативное обслуживание сезонных производств в текущем календарном году. Другая задача – это установление временных, географических и экологических закономерностей в сроках наступления сезонных явлений природы. В современных условиях фенологические наблюдения, особенно длительные и непрерывные, важны как свидетельство и подтверждение потепления климата. Они показывают уровень реакции растений на изменения среды.

Заключение

Анализ сроков наступления и продолжительности сезонов за 42 года (1980-2021 гг.) в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН показал, что продолжительность зимнего сезона по сравнению с периодом 1953-1981 гг. сократилась с 32 % до 29 % года. При этом, если сравнивать только XXI век (2001-2021 гг.), то зима сократилась до 26 %. Летний сезон увеличился с 19 % до 24 % года. За счёт более раннего наступления лета наблюдается небольшая тенденция к сокращению весны (с 23 % до 22 % года). В условиях потепления климата Санкт-Петербурга осенний период первых двух десятилетий 21 века имеет тенденцию к удлинению, особенно второй половины осени. Благодаря этому древесные растения, у которых окончание вегетации было вынужденным и прерываемым морозами, теперь успевают её завершить и подготовиться к зиме. Более мягкие зимы способствуют расширению культурного ареала теплолюбивых экзотов. Однако виды, у которых короткий период покоя, в зимний период с продолжительными оттепелями могут начинать преждевременную вегетацию, а затем обмерзать при возврате холодов.

Поскольку климат меняется, необходимы дальнейшие наблюдения за индикаторами Календаря природы. Такие наблюдения позволяют дать фенологическую оценку короткопериодных колебаний климата и его современного потепления с использованием многолетней дендрофенологической и метеорологической информации, показывают уровень реакции растений на изменения среды, помогают в корректировке календарных сроков сезонных агротехнических мероприятий в зеленом хозяйстве и строительстве.

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме "Коллекции живых растений Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (история, современное состояние, перспективы использования)", регистрационный номер темы 122011900031-0.

Литература

Александрова М. С., Булыгин Н. Е., Ворошилов В. Н. и др. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М., 1975. 27 с.

Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л., 1979. 97 с.

Булыгин Н. Е. Сезонно-ритмическая структура годовичного цикла развития ландшафта, принципы её индикации и прогностическое значение // Моделирование и прогнозирование в индикационной дендрофенологии. Л., 1980. С. 2—44. Деп. в ВИНТИ, № 1033-81.

Булыгин Н. Е. Биологические основы дендрофенологии. Л., 1982. 80 с.

Булыгин Н. Е., Шульц Г. Э. Сезонная жизнь // Природа Ленинградской области и ее охрана. Л., 1983. С. 155—164.

Комарова В. Н., Фирсов Г. А., Булыгин Н. Е., Ловелиус Н. В. Зимостойкость хвойных интродуцентов в условиях суровой зимы 1984/85 г. в Ленинграде // Бюлл. Глав. ботан. сада. 1988. Вып. 147. С. 8—13.

Лапин П. И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюлл. Глав. ботан. сада. 1967. Вып. 65. С. 13—18.

Мелешко В. П., Мещерская А. В., Хлебникова Е. И. (ред.). Климат Санкт-Петербурга и его изменения. СПб.: Гос. учреждение «Главная геофиз. обсерватория им. А. И. Воейкова», 2010. 256 с.

Фирсов Г. А. К проблеме дендрологического районирования территории Северо-Запада России // Бюлл. Глав. ботан. сада. Вып. 185. 2003. С. 3—8.

Фирсов Г. А., Фадеева И. В., Волчанская А. В. Влияние метео-фенологической аномалии зимы 2006/07 года на древесные растения в Санкт-Петербурге // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2008. № 6. С. 22—27.

Фирсов Г. А., Фадеева И. В., Булыгин Н. Е. Парк и дендрарий Санкт-Петербургской лесотехнической академии как научный центр биологической и экологической фенологии // Промышленная ботаника. 2009. Вып. 9. С. 48—55.

Фирсов Г. А., Фадеева И. В. Микроклиматические особенности Санкт-Петербурга и их влияние на древесные растения // Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные проблемы. Матер. межд. конф., посв. 70-лет. бот. сада-ин-та МарГТУ и 70-лет. проф. М. М. Котова (10-14 августа 2009 г., Йошкар-Ола). Йошкар-Ола, 2009а. С. 98—101.

Фирсов Г. А., Фадеева И. В. Критические зимы в Санкт-Петербурге и их влияние на интродуцированную и местную дендрофлору // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009б. Вып. 188. С. 100—110.

Фирсов Г. А., Фадеева И. В., Волчанская А. В. Фенологическое состояние древесных растений в садах и парках С.-Петербурга в связи с изменениями климата // Бот. журн. 2010. Т. 95. № 1. С. 23—37.

Фирсов Г. А., Смирнов Ю. С. Времена года в Ботаническом саду Петра Великого на Аптекарском острове. СПб., 2012. 118 с.

Фирсов Г. А. Древесные растения ботанического сада Петра Великого (XVIII-XXI вв.) и климат Санкт-Петербурга // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской академии наук): тр. межд. науч. конф. СПб., 2014. С. 208—215.

Фирсов Г. А., Волчанская А. В., Ткаченко К. Г. Ель Глена (*Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast., Pinaceae) в Санкт-Петербурге // Вестник Волгогр. гос. ун-та. Серия 11. Естественные науки. 2015. № 2 (12). С. 27—39.

Фирсов Г. А. Фенологическая ситуация в Ботаническом саду Петра Великого в Санкт-

Санкт-Петербурге в начале XXI века // Биологическое разнообразие. Интродукция растений. Матер. Шестой Межд. науч. конф. 22-25 июня 2016 г. СПб., 2016а. С. 10—14.

Фирсов Г. А. Древесные растения Ботанического сада Петра Великого и метеорологическая ситуация в 2015 г. // Лекарственные растения Ботанического сада: Науч. практ. конф. к 70-летию Бот. сада Первого Московского гос. мед. ун-та им. И. М. Сеченова, 21-22 сентября 2016 г. М., 2016б. С. 142—145.

Фирсов Г. А. Фенологический мониторинг в Ботаническом саду Петра Великого в Санкт-Петербурге // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика. Матер. 2 Всерос. науч. практ. конф., г. Волгоград, 17-18 ноября 2016 г. Волгоград, 2016в. С. 335—340.

Фирсов Г. А., Хмарик А. Г. Смещение зон зимней устойчивости древесных растений на Северо-Западе России в условиях потепления климата // Вестник Удмуртского ун-та. Серия Биология. Наука о Земле. 2016. Т. 26. Вып. 3. С. 58—65.

Фирсов Г. А., Хмарик А. Г., Орлова Л. В., Бялт В. В. Ассортимент хвойных в озеленении Санкт-Петербурга на рубеже веков: тенденции и перспективы // Вестник Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11. Естеств. науки. 2016а. № 2 (16). С. 7—21.

Фирсов Г. А., Варфоломеева Е. А., Волчанская А. В., Малышева В. Ф., Малышева Е. Ф. Фитофтора в Ботаническом саду Петра Великого (Санкт-Петербург) // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Матер. Всерос. конф. с межд. участ. Москва, 18-22 апреля 2016 г. Красноярск, 2016б. С. 238—239.

Фирсов Г. А., Булгаков Т. С. Современное состояние язвов (*Ulmus* L., *Ulmaceae*) в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого в условиях эпифитотии голландской болезни язвов // Hortus Botanicus. 2017. Т. 12. <https://doi.org/10.15393/j4.art.2017.3962>.

Фирсов Г. А., Булгаков Т. С. Состояние язвов (*Ulmus* L., *Ulmaceae*) в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого в 2016 году // Вестник Воронеж. ун-та. Серия: Химия, биология, фармация. 2018. № 3. С. 129—135.

Фирсов Г. А., Фадеева И. В. Особенности сезонной динамики развития природы в Санкт-Петербурге в 2020 году // Фенология: современное состояние и перспективы развития. Матер. межд. науч.-практ. конф., посв. 175-летию Русск. географ. общ-ва, 120-летию со дня рождения В. А. Батманова, 90-летию Урал. гос. пед. ун-та, 16-17 декабря 2020 г. Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 2020а. С. 278—288.

Фирсов Г. А., Фадеева И. В. Изменение климата и возможные изменения ассортимента древесных растений Санкт-Петербурга // Бюлл. Глав. ботан. сада. 2020б. Вып. 206. С. 57—63.

Фирсов Г. А., Волчанская А. В. Древесные растения в условиях климатических изменений в Санкт-Петербурге. Москва, 2021. 128 с.

Фирсов Г. А., Ярмишко В. Т., Змитрович И. В., Бондарцева М. А., Волобуев С. В., Дудка В. А. Морозобоины и патогенные ксилотрофные грибы в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого. СПб., 2021. 304 с.

Фирсов Г. А., Ярмишко В. Т. Аннотированный каталог покрытосеменных растений Парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН. Москва, 2021. 452 с.

Шульц Г. Э., Родионов М. А. Сезонная жизнь ленинградской природы // Природа Ленинграда и окрестностей. Л., 1964. С. 183—210.

Шульц Г. Э. Современные проблемы индикационной фенологии: Доклад на соискание ученой степени доктора биологических наук по совокупности опубликованных работ. Л., 1970. 55 с.

Year seasons duration and arboreal plants at Saint-Petersburg

FIRSOV
Gennady Afanas`evich

V. L. Komarov Botanical Institute of the RAS,
Prof. Popova street, 2, Saint Petersburg, 197022, Russia
gennady_firsov@mail.ru

FADEEVA
Inna Vadimovna

V. L. Komarov Botanical Institute of the RAS,
Prof. Popova street, 2, Saint Petersburg, 197022, Russia
butvik@mail.ru

Key words:

science, ex situ, phenological monitoring, seasons of the year, Botanic garden, Saint-Petersburg, arboreal plants, changes of the climate

Summary:

The uninterrupted phenological monitoring has been carried out at Peter the Great Botanic Garden of the Komarov Botanical Institute (Saint-Petersburg, Russia) since 1980. The analysis of the dates of seasons beginning and duration during 42 years of observations (1980-2021) has shown that the duration of winter period has decreased from 32 % to 29 % comparing with 1953-1981, if we compare the period of the past 20 years - from 32 % to 26 %. The summer season has enlarged since 19 % till 24 %. The spring season has the tendency to shortening (from 23 % till 22 %). In condition of the warming of the climate of Saint-Petersburg at the 21 century there is the tendency of enlarging of the autumn season, especially of its second half. In such conditions those woody plants which had the forced end of vegetation, nowadays have the possibility to finish it successfully and to prepare for wintering. Warm winters promote to widen the cultural habitat of warm-loving exotic trees and shrubs. The observations on indicators of the Calendar of Nature let us give the phenological estimation of short periodically oscillations of climate and of its modern warming, using the long years dendrophenological and meteorological information.

Is received: 16 may 2022 year

Is passed for the press: 23 october 2022 year

References

- Aleksandrova M. S., Bulygin N. E., Voroshilov V. N. Methodics of phenological observations in botanic gardens of the USSR. M., 1975. 27 p.
- Bulygin N. E. Biological bases of woody phenology. L., 1982. 80 p.
- Bulygin N. E. Phenological observations on woody plants. L., 1979. 97 p.
- Bulygin N. E. Seasonal-rhythmical structure of annual circle of development of landscape, principles of its indication and prognostic significance// Modelirovanie i prognozirovanie v indikatsionnoj dendrofenologii. L., 1980. C. 2—44. Dep. v VINITI, No. 1033-81.
- Bulygin N. E., Shults G. E. Seasonal life// Priroda Leningradskoj oblasti i ee okhrana. L., 1983. P. 155—164.
- Firsov G. A. Phenological monitoring at Peter the Great Botanic Garden at Saint-Petersburg// Ekologicheskaya bezopasnost i okhrana okruzhayutshej sredy v regionakh Rossii: teoriya i praktika. Mater. 2 Vserop. nauch. prakV. konf., g. Volgograd, 17-18 noyabrya 2016 g. Volgograd, 2016v. P. 335—340.
- Firsov G. A. Phenological situation at Peter the Great Botanic Garden at Saint-Petersburg at the beginning of the XXI century// Biologicheskoe raznoobrazie. Introduktsiya rastenij. Mater. Shestoj

Mezhd. nautch. konf. 22-25 iyunya 2016 g. SPb., 2016a. P. 10—14.

Firsov G. A. To problem of dendrological division into districts of territory of North-West of Russia// Byull. Glav. botan. sada. Vyp. 185. 2003. P. 3—8.

Firsov G. A. Woody plants of Peter the Great Botanic Garden and meteo-phenological situation in 2015// Lekarstvennyye rasteniya Botanicheskogo sada: Nautch. prakV. konf. k 70-letiyu BoV. sada Pervogo Moskovskogo gop. med. un-ta im. I. M. Setchenova, 21-22 sentyabrya 2016 g. M., 2016b. P. 142—145.

Firsov G. A. Woody plants of Peter the Great Botanic Garden[(XVIII-XXI centuries) and climate of Saint-Petersburg// Botanika: istoriya, teoriya, praktika (k 300-letiyu osnovaniya Botanicheskogo instituta im. V. L. Komarova Rossijskoj akademii nauk): tr. mezhd. nautch. konf. SPb, 2014. C. 208—215.

Firsov G. A., Bulgakov T. S., Ulmus L. Modern state of elms in park-dendrarium of Peter the Great Botanic Garden in conditions of epiphytotium of Dutch Elm disease// Hortus Botanicus. 2017. V. 12. <https://doi.org/10.15393/j4.art.2017.3962>.

Firsov G. A., Bulgakov T. S., Ulmus L. State of elms (*Ulmus* L., *Ulmaceae*) in park-dendrarium of Peter the Great Botanic Garden in 2016// Vestnik Voronezh. un-ta. Seriya: Khimiya, biologiya, farmatsiya. 2018. No. 3. P. 129—135.

Firsov G. A., Fadeeva I. V. Changes of climate and possible changes of assortment of woody plants of Saint-Petersburg// Byull. Glav. botan. sada. 2020b. Vyp. 206. P. 57—63.

Firsov G. A., Fadeeva I. V. Critical winters at Saint-Petersburg and its influence on introduced and native woody flora// Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2009b. Vyp. 188. P. 100—110.

Firsov G. A., Fadeeva I. V. Microclimatic peculiarities of Saint-Petersburg and its influence on woody plants// Introduktsiya rastenij: teoreticheskie, metodicheskie i prikladnye problemy. Mater. mezhd. konf., posv. 70-leV. boV. sada-in-ta MarGTU i 70-leV. prof. M. M. Kotova (10-14 avgusta 2009 g., Joshkar-Ola). Joshkar-Ola, 2009a. P. 98—101.

Firsov G. A., Fadeeva I. V. Peculiarities of seasonal dynamic of development of nature at Saint-Petersburg in 2020// Fenologiya: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya. Mater. mezhd. nautch, prakV. konf., posv. 175-letiyu Russk. geograf. obtsh-va, 120-letiyu so dnya rozhdeniya V. A. Batmanova, 90-letiyu Ural. gop. ped. un-ta, 16-17 dekabrya 2020 g. Ural. gop. ped. un-V. Ekaterinburg, 2020a. P. 278—288.

Firsov G. A., Fadeeva I. V., Bulygin N. E. Park and arboretum of Saint-Petersburg Forest-Technical Academy as scientific centre of biological and ecological phenology// Promyshlennaya botanika. 2009. Vyp. 9. P. 48—55.

Firsov G. A., Fadeeva I. V., Voltchanskaya A. V. Influence of meteo-phenological anomaly of winter 2006/07 on woody plants at Saint-Petersburg// Vestnik MGUL – Lesnoj vestnik. 2008. No. 6. P. 22—27.

Firsov G. A., Fadeeva I. V., Voltchanskaya A. V. Phenological state of woody plants in gardens and parks of Saint-Petersburg in connection with the changes of the climate// BoV. zhurn. 2010. V. 95. No. 1. P. 23—37.

Firsov G. A., Khmarik A. G. Lifting of borders of zones of winter hardiness of woody plants at North-Western Russia in conditions of the warming of the climate// Vestnik Udmurtskogo un-ta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2016. V. 26. Vyp. 3. P. 58—65.

Firsov G. A., Khmarik A. G., Orlova L. V., Byalt V. V. Assortment of conifers in city planting of Saint-Petersburg at the border of centuries: tendencies and prospects// Vestnik Volgogr. gos. un-ta. Ser. 11. Estestv. nauki. 2016a. No. 2 (16). P. 7—21.

Firsov G. A., Smirnov Yu. S. Seasons of the year at Botanic garden at Apothecary Island. SPb., 2012. 118 p.

Firsov G. A., Varfolomeeva E. A., Voltchanskaya A. V., Malysheva V. F., Malysheva E. F. Phytophthora at Peter the Great Botanic Garden (Saint-Petersburg// Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditelej i patogenov drevesnykh rastenij: ot teorii k praktike. Mater. Vserop. konf. s mezhd. uchastv. Moskva, 18-22 aprelya 2016 g. Krasnoyarsk, 2016b. P. 238—239.

Firsov G. A., Voltchanskaya A. V. Woody plants in conditions of climatic changes at Saint-Petersburg. Moskva, 2021. 128 p.

Firsov G. A., Voltchanskaya A. V., Tkatchenko K. G. Glehn's spruce (*Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast., Pinaceae) at Saint-Petersburg// Vestnik Volgogr. gos. un-ta. Seriya 11. Estestvennye nauki. 2015. No. 2 (12). P. 27—39.

Firsov G. A., Yarmishko V. T. Annotated Catalogue of Arboretum of Peter the Great Botanic Garden BIN RAS. Moskva, 2021. 452 p.

Firsov G. A., Yarmishko V. T., Zmitrovitch I. V., Bondartseva M. A., Volobuev S. V., Dudka V. A. Frost cracks and pathogenic xylophilic fungi in the arboretum of the Peter the Great Botanical Garden. SPb., 2021. 304 p.

Komarova V. N., Firsov G. A., Bulygin N. E., Lovelius N. V. Winter hardiness of conifer exotic species in conditions of severe winter 1984/85 at Leningrad// Byull. Glav. botan. sada. 1988. Vyp. 147. P. 8—13.

Lapin P. I. Seasonal rhythm of development of woody plants and its significance for introduction// Byull. Glav. botan. sada. 1967. Vyp. 65. P. 13—18.

Meleshko V. P., Metsherskaya A. V., Khlebnikova E. I. Climate of Saint-Petersburg and its changes. SPb.: Gos. uchrezhdenie «Glavnaya geofiz. observatoriya im. A. I. Voejkova», 2010. 256 p.

Shults G. E. Modern problems of indicative phenology: Doklad na soiskanie utchenoj stepeni doktora biologicheskikh nauk po sovokupnosti opublikovannykh rabot. L., 1970. 55 p.

Shults G. E., Rodionov M. A. Seasonal life of Leningrad nature// Priroda Leningrada i okrestnostej. L., 1964. C. 183—210.

Цитирование: Фирсов Г. А., Фадеева И. В. Продолжительность сезонов года и древесные растения в Санкт-Петербурге // Hortus bot. 2022. Т. 17, 2022, стр. 247 - 261, URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=8365>. DOI: [10.15393/j4.art.2022.8365](https://doi.org/10.15393/j4.art.2022.8365)

Cited as: Firsov G. A., Fadeeva I. V. (2022). Year seasons duration and arboreal plants at Saint-Petersburg // Hortus bot. 17, 247 - 261. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=8365>