

Ботанические исследования

УДК 581.543(470.23-25)(045)

Г.А. Фирсов, И.В. Фадеева

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ В 2021 ГОДУ¹

Особенностью 2021 г. стало аномально жаркое и засушливое лето. Среднемесячная температура июня (21,4 °С) – рекорд за весь период инструментальных метеорологических наблюдений с 1752 г. Фенологические аномалии проявились, прежде всего, в ранних сроках наступления феноэтапов года, начиная с третьего этапа подсезона «Разгар весны» и до первого этапа подсезона «Спад лета» включительно, сроки этапов подсезона "Полное лето" стали рекордными или близкими к рекордным. Таким образом, потепление климата Санкт-Петербурга продолжается и усиливается. В таких условиях после зимы 2020/2021 г. обмерзание у большинства деревьев и кустарников отсутствует или не превышает концов годичного прироста. Летняя засуха, сопровождающаяся аномальной жарой, вызвала преждевременное пожелтение и опадение листьев многих видов деревьев и кустарников. В условиях климатических изменений большую значимость приобретают фенологический мониторинг и своевременная публикация результатов этих наблюдений.

Ключевые слова: фенология, древесные растения, интродукция растений, Санкт-Петербург.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-119-129

Известно, что в начале XXI в. продолжается потепление климата как в разных частях планеты, так и в Санкт-Петербурге. Под его воздействием находятся как растения природной, местной флоры, так и редкие экзоты [1-4]. Тем не менее, даже на фоне потепления происходит чередование более мягких зим и более холодных с жесткими условиями перезимовки, которые вызывают более сильное воздействие на растения. Термический режим в зимний период может сильно варьироваться год от года. Также происходит и со сроками установления и высотой снежного покрова и т. д. Значение имеет и характер осени – периода, когда растения готовятся к зимнему покою, а также продолжительность вегетационного сезона. Поэтому необходимо проводить оценку состояния растений после каждой зимы. Это важно для текущего мониторинга и планирования мероприятий в ботанических садах в текущем году. По мере накопления многолетних наблюдений представляется возможным сделать более точные и адекватные выводы по итогам интродукции древесных растений, выявить аномальные годы и более верно оценить перспективность деревьев и кустарников для разведения. Парк Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (далее БИН) на Аптекарском острове в Санкт-Петербурге является одним из старейших парков в России. Интродукционные испытания здесь стали проводиться с 1714 г., вскоре после основания Санкт-Петербурга и переноса сюда столицы [5]. Обязательными при проведении интродукционных испытаний над древесными растениями являются фенологические наблюдения [6; 7]. В Санкт-Петербурге накоплены самые длительные в России ряды непрерывных фенологических наблюдений. Важнейшую часть фенологических исследований в Ботаническом саду БИН составляют наблюдения за естественной периодизацией года, т.е. календарем природы. Здесь они осуществляются по программе территориально-феноиндикационной системы календаря природы Ладого-Ильменского дендрологического района [8]. Фенологические наблюдения за индикаторами календаря природы ведутся непрерывно с 1980 г. Наблюдения состоят в ежегодном учете дат наступления определенных фенофаз у древесных растений-феноиндикаторов наступления сезонов, подсезонов и феноэтапов года [9-11]. Каждому из этих подразделений года свойственно специфическое состояние объектов живой и неживой природы и особое их взаимодействие [8; 12]. Для нас представляет интерес посмотреть, как проходила динамика наступления феноэтапов в этом известном фенологическом и интродукци-

¹ Коллекция живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (история, современное состояние, перспективы использования) 2021–2023, Регистрационный номер темы 122011900031-0.

онном центре в 2021 г., каков был термический режим зимы 2020/2021 г. и последующего сезона вегетации 2021 г., а также реакция древесных растений на условия тепло-влагообеспеченности в начале третьего десятилетия XXI в.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования служили древесные растения интродуцированной и местной дендрофлоры в Санкт-Петербурге. Использованы литературные данные по интродукции древесных растений и результаты собственных наблюдений. Ежегодная оценка обмерзания проводится авторами с начала 1980-х гг. по шкале П. И. Лапина [7]: 1 — отсутствие повреждений, 2 — подмерзание хвоя и концов однолетних побегов, <...> 7 — гибель растения от морозов. Использовалась биоэкологическая группировка Э.Л. Вольфа [13] с подразделением растений на пять групп: I – вполне зимостойкие, II – сравнительно зимостойкие, III – сравнительно незимостойкие, IV – незимостойкие, V – вымерзающие.

В работе использованы данные метеостанции Санкт-Петербург Северо-Западного межрегионального территориального управления федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. По Н.Е. Булыгину приводятся обозначения фенофаз [14] и естественная периодизация года [8].

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 приводятся значения среднемесячных и годовых температур воздуха в 2019-2021 гг. по метеостанции Санкт-Петербург (по данным Северо-Западного территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды с региональными функциями) по отношению к норме климата за 30-летие 1980–2009 гг. и по отношению к норме климата в XX в. (которая считалась «нормой современного климата»). При доверительном уровне $P=0,99$ сделано статистическое распределение среднемесячных температур с подразделением на «норму» (Н): $X=\pm 3m_x$, холодные (Х): $< -3m_x$, и теплые месяцы года (Т): $> 3m_x$, где m_x – величина стандартной ошибки среднего значения.

Таблица 1

Среднемесячная температура воздуха в Санкт-Петербурге в 2019 и 2020 гг. в сравнении с климатической нормой

Месяц года	Температура воздуха, T °C				
	Норма климата в XX в.	Норма климата, 1980-2009гг.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
I	-7,7	-5,4±0,7	-6,4 (Н)	1,5(Т)	-4,6 (Н)
II	-7,9	-5,8±0,7	-0,5 (Т)	0,6 (Т)	-9,2 (Х)
III	-4,2	-1,3±0,5	0,1 (Т)	2,2 (Т)	-0,8 (Н)
IV	3,0	5,1±0,3	7,3 (Т)	4,2 (Н)	5,6 (Н)
V	9,6	11,1±0,3	12,1 (Т)	10,0 (Х)	12,1 (Т)
VI	14,8	15,5±0,4	18,6 (Т)	19,1 (Т)	21,4 (Т)
VII	17,8	18,5±0,3	16,6 (Х)	17,6 (Н)	23,1 (Т)
VIII	16,0	16,8±0,3	17,0 (Т)	17,2 (Т)	16,9 (Н)
IX	10,8	11,5±0,3	12,2 (Н)	14,3 (Т)	10,2 (Х)
X	4,8	6,2±0,3	6,1 (Н)	9,1 (Т)	8,0 (Т)
XI	-0,5	0,0±0,5	1,9 (Т)	3,9 (Т)	2,2 (Т)
XII	-5,1	-3,6±0,6	1,8 (Т)	-0,7 (Т)	-7,5 (Х)
Год:	4,3	5,8±0,2	7,2 (Т)	8,3 (Т)	6,5 (Т)
Абс. мин.	-35,6 17.01.40	-34,7 10.01.87	-22,5 22.01.19	-8,9 05.02.20	-24,5 18.02.21

Январь 2020 г. (1,5 °C) оказался самым теплым январем в истории инструментальных метеорологических наблюдений в Санкт-Петербурге, при этом с положительной температурой воздуха (до того

самым теплым был январь 1925 г.: $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Минимальная температура воздуха за зиму 2019/2020 г.: $-8,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5 февраля) стала самой теплой с 1939 г. а 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 ($0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Можно заметить, что положительная месячная температура в феврале – очень редкое явление, такими были до этого всего 3 года – февраль 1974 г. ($0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), 1989 г. ($0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) и 1990 г. ($1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) за весь период наблюдений с 1752 г. Март 2020 г., как и февраль, был уже с положительной температурой воздуха ($2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) и очень теплым. Зима 2019/2020 г. стала самой короткой в истории: период с устойчивой отрицательной температурой продолжался всего 13 сут., с 27 января до 8 февраля, после чего температура снова достигла положительных значений. Вегетационный сезон и весь 2020 г. в целом, отличался заметно повышенной и даже рекордной теплообеспеченностью, выше температурной нормы были 9 месяцев года. Год 2020 стал самым теплым в истории ($8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Это в то время, когда нормой "современного климата" в конце XX в. в Санкт-Петербурге считалась годовая температура $4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [15-17].

Что касается последующей зимы 2020/2021 г., то началась она 7 декабря, в поздние сроки (на 18 сут. позже обычного) и продолжалась до 23 марта, окончившись в нормальные сроки (при этом «Предвесенье» (переход минимальной температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) и первый феноэтап подсезона «Снеготаяние» (переход среднесуточной температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) произошли в один день, 24 марта. То есть, переход от зимы к весне был резким, фактически без подсезона «Предвесенье». Таким образом, зима продолжалась 107 сут. – чуть менее третьей части года ($29,3\%$). При этом декабрь 2020 г. (начало зимы) был теплым ($-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Январь 2021 г. был близким к норме ($-4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), а февраль холоднее обычного ($-9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$). В этом месяце минимальная температура воздуха достигла довольно низких значений ($-24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), хотя и далеко не доходя до значений самых холодных зим XX в. Высота снежного покрова в феврале в период самых сильных морозов достигала 10-30 см, а на конец третьей декады – 22 см, что способствовало защите растений и их корневых систем. Март 2021 г. ($-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) был с температурой, близкой к нулевой отметке, но еще зимним месяцем, попав в норму по отношению к 30-летию 1980-2009 гг. ($1,3\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), но на $3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ теплее, чем это было в XX в. Снег стаял 27 марта. Апрель был еще нормальным месяцем ($5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), в пределах климатической нормы. Снег в апреле выпадал только два раза, 6 и 11 апреля и быстро стаял. Последний день с заморозками был 30 апреля (с минимальной температурой воздуха $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). В мае заморозков в воздухе уже не было, лишь 1 мая отмечена отрицательная температура поверхности почвы ($-1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

В последующие дни мая температура воздуха стала заметно подниматься, и этот месяц попал в группу «теплых» ($12,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Температура держалась намного выше средних значений три месяца подряд, лишь в августе придя в норму ($16,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). Особенностью этого года было аномально жаркое и засушливое лето, с т. н. блокирующим антициклоном. Подобное явление имело место в 2010 г. и тогда оно оказало заметное влияние на древесные растения в парке БИН. Так, после того года стал отмечаться самосев *Tamarix ramosissima* Ledeb. [18]. Среднемесячная температура июня ($21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) – рекорд за весь период наблюдений (до этого рекордной была температура июня 1999 г.: $20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Температура июля ($23,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) – лишь чуть уступала июлю 2010 г. ($24,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Дневные температуры в июне поднимались до $34,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (21 июня) и в июле до таких же значений ($34,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 11 июля). Осадки выпадали очень неравномерно. В мае выпало их большое количество – 138 мм (особенно в первую декаду). И почти столько же – в августе (135 мм – почти все в первую декаду, по завершении блокирующего антициклона). Зато июнь был очень сухим, всего 22 мм (и это при такой высокой температуре воздуха). В июле осадков выпало 49 мм.

Осень 2021 г. была теплой (кроме сентября), особенно ее вторая половина. Так, среднемесячная температура ноября ($2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), что выше по отношению к норме за 1980-2009 гг. ($0,0\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Первый осенний заморозок наступил 19 октября ($-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), а всего в октябре было три таких дня с заморозками. Таким образом, период без заморозков продолжался 171 сут. При этом максимальная температура воздуха в октябре достигала $16,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6 октября). Очередная зима наступила 27 ноября 2021 г., в сроки, близкие к нормальным. Таким образом, в 2021 г. имело место мощное повышение теплообеспеченности на протяжении значительного периода вегетационного сезона. А в июне – июле температура достигла рекордных значений и близких к рекордным. Что, несомненно, стало причиной фенологических аномалий и оказало большое воздействие на древесные растения.

В табл. 2 приводятся даты наступления феноэтапов года по календарю природы Ботанического сада БИН на рубеже второго-третьего десятилетия XXI в. в сравнении со среднемноголетними значе-

ниями за 30-летие 1980-2009 гг. Обозначения подсезонов года приводятся по Н.Е. Булыгину (1982): ПВ – предвесенье, СТ – снеготаяние, ОВ – оживление весны, РВ – разгар весны, НЛ – начало лета, ПЛ – полное лето, СЛ – спад лета, НО – начало осени, ЗО – золотая осень, ГО – глубокая осень, ПЗ – предзимье, ПРз – первозимье (начало зимы). Индексы при подсезонах означают номера феноэтапов года. Даты наступления феноэтапов года были подразделены на три группы: ранние, идущие с опережением среднесезонных сроков (Р), «нормальные» или средние (Н) и поздние, наступающие с опозданием от нормы (П), при норме $X \pm 3m_x$ (при доверительном уровне $P=0,99$).

Таблица 2

Сезонное развитие природы в Ботаническом саду Петра Великого (1980-2009, 2021 гг.)

Феноэтап	1980-2009 гг.			2021 г.
	$X \pm S_x$	Ранняя дата	Поздняя дата	
ПВ	03.03±4,0	03.01.1989	29.03.2001	24.03 (П)
СТ1	15.03±3,0	26.01.1989	31.03.2005	24.03 (Н)
СТ2	26.03±2,3	21.02.1990	16.04.1998	27.03 (Н)
ОВ1	03.04±2,4	01.03.1990	22.04.2006	27.03 (Н)
ОВ2	22.04±1,5	07.04.2007	05.05.1981, 1985	15.04 (Р)
РВ1	02.05±1,3	19.04.1989, 1990	13.05.1985	08.05 (П)
РВ2	14.05±1,4	29.04.1990	27.05.1985	13.05 (Н)
РВ3	24.05±1,2	12.05.2001, 2002	05.06.1997	19.05 (Р)
НЛ1	04.06±1,1	24.05.1989	15.06.1982, 1985	30.05 (Р)
НЛ2	17.06±1,2	06.06.1983, 1989	30.06.1985, 1996	14.06 (Н)
ПЛ1	29.06±1,1	18.06.1989	13.07.1985	20.06 (Р)
ПЛ2	08.07±1,3	23.06.1989	22.07.1985	25.06 (Р)
ПЛ3	16.07±1,3	02.07.1989	31.07.1985	02.07 (Р)
СЛ1	29.07±1,6	12.07.1989	19.08.1982	19.07 (Р)
СЛ2	11.08±1,2	26.07.1989	24.08.2003	10.08 (Н)
НО1	29.08±0,9	20.08.1995	08.09.1996	28.08 (Н)
НО2	11.09±1,0	01.09.1981	21.09.1985	14.09 (Н)
ЗО1	20.09±1,1	10.09.1981	06.10.1998	19.09 (Н)
ЗО2	04.10±0,9	24.09.1989	17.10.1997	02.10 (Н)
ГО1	17.10±0,9	09.10.1984, 1988	27.10.2007	16.10 (Н)
ГО2	24.10±1,0	11.10.1992, 1993	04.11.2007	30.10 (П)
ПЗ	09.11±2,9	11.10.1992	18.12.2006	21.11 (П)
ПРз	19.11±3,5	24.10.1992	20.01.2007	27.11 (Н)

В 2021 г. весна наступила в сроки, близкие к нормальным. При этом надо иметь в виду, что, несмотря на сравнительно продолжительную зиму 2020/2021 г., в последние годы и десятилетия наблюдается тенденция к сокращению зимы. Неоднократно отмечаются случаи, когда весна наступает уже в январе или феврале. При дальнейшем потеплении может наступить ситуация, когда в холодную часть года не будет периода с отрицательными температурами воздуха (близкая к такой ситуация сложилась предыдущей зимой 2019/2020 г.). При этом второй этап «оживления весны» уже оказался ранним (15 апреля или на 7 сут. раньше среднесезонных значений). Затем наступило небольшое похолодание с дождливой погодой в первой декаде мая, что отодвинуло дату наступления первого феноэтапа подсезона «Разгар весны» (облиствение березы повислой отмечено 8 мая, при среднем значении $02.05 \pm 1,3$, однако не достигло рекордно поздних значений 13 мая 1985 г.). Затем, начиная с третьего этапа «Разгара весны», шесть феноэтапов (кроме второго этапа подсезона «Начало лета», попавшего в «среднюю» категорию), были ранними. Это была мощная феноаномалия на фоне июньской и июльской избыточной теплообеспеченности. «Предлетье», третий этап подсезона «Разгар весны», наступило 19 мая, на 5 сут. раньше обычного. Лето началось 30 мая (при средней дате 4 июня). Первый этап подсезона «Полное лето» шел с еще более сильным опережением (20 июня при норме $29.06 \pm 1,1$ сут.), что

лишь на 2 сут. уступает рекорду в 1989 г. (18 июня). Второй этап «Полного лета» отмечен 25 июня, что на 13 сут. раньше среднемноголетних значений и близко к рекорду 1989 г. (23 июня). Дата начала третьего этапа подсезона «Полное лето» (2 июля) – повторение рекорда 1989 г. Ранним был и первый этап следующего подсезона года – «спада лета» (19 июля, что на 10 сут. раньше обычного). Осенние феноэтапы первой половины осени наступали в сроки, близкие к среднемноголетним. При этом последние феноэтапы года (второй этап подсезона «Глубокая осень» и «Предзимье») наступили позже обычного, что подтверждает тенденцию в начале XXI в. к сдвигу позднесенних явлений природы на более поздние сроки. Таким образом, фенологические аномалии 2021 г. проявились прежде всего в аномально ранних сроках наступления феноэтапов, начиная с третьего этапа подсезона «Разгар весны» и до первого этапа «Спад лета» включительно. И особенно ранние сроки у всех трех феноэтапов подсезона «Полное лето», которые оказались рекордными или близкими к рекордным.

Все это подтверждает потепление климата Санкт-Петербурга, которое пока что продолжается и усиливается. При этом растения на климатические изменения реагируют по-разному. У целого ряда растений (представители разных видов и родов, как например, *Quercus*, *Larix* и другие) состояние в последние годы ухудшилось. Так, например, лишь немногие виды рода *Larix* показали свою пригодность для разведения за пределами стран холодного климата [19]. Ведь на значительной части своего естественного распространения они произрастают в континентальных районах вечной мерзлоты. Более мягкий климат делает их чувствительными к ранневесенним заморозкам и зимним оттепелям, болезням и вредителям. Это одна из причин того, что лиственницы в Санкт-Петербурге довольно заметно прореагировали в худшую сторону на потепление климата Санкт-Петербурга [20]. Что касается видов дуба, то изреживание кроны, суховершинность, изъязвление ствола и ветвей, появление черных пятен, хлороз и вилт, внезапное усыхание – симптомы патологии древесных пород, которые в настоящий момент объясняются не только абиотическими факторами. Такие же симптомы характерны и для болезней растений, вызванных корнепоражающими почвообитающими оомицетами из рода *Phytophthora* [21]. Считается, что более 66 % болезней тонких корней и более 90 % всех гнилей корневой шейки вызываются видами *Phytophthora*. В ходе наших предыдущих исследований в ризосфере деревьев дуба черешчатого в парке БИН РАН выявлено четыре вида фитопфтор (идентифицированы, начиная с 2011 г., в 1990-х гг. не выделялись): *Phytophthora cactorum* (Lebert et Cohn) J. Schrot., *Ph. citricola* Sawada, *Ph. plurivora* T. Jung et T.I. Burgess., *Ph. quercina* T. Jung. Такие виды фитопфтор, как *Ph. cactorum*, *Ph. citricola* и *Ph. plurivora*, поражают достаточно широкий круг растений-хозяев, в то время как *Ph. quercina* найдена только для дуба, прежде этот вид фитопфторы был известен лишь в центральной и южной Европе [22-25]. Заметно усилилось усыхание кроны деревьев разных видов и родов, особенно у ослабленных и старовозрастных [26].

Как же прореагировали на зиму 2020/2021 г. растения парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого? В табл. 3 приводится список погибших древесных растений после зимы 2020/21 г. В графе 2 приводится номер участка и номер экземпляра на участке (это позволяет легко находить растения в натуре).

В табл. 3 включены растения 19 видов. Из них только два отмечены как вымерзшие (балл 7 по шкале П.И. Лапина). Большая часть были поражены болезнями (оомицетами и базидиомицетами). Некоторые деревья достигли предельного возраста, стали деревьями угрозы. Есть растения, которые не выдержали летнюю засуху 2021 г. с аномально высокими июньскими и июльскими температурами. В целом обмерзание деревьев и кустарников парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого после зимы 2020/2021 г. было слабым (2 балла) или вообще отсутствовало (1 балл). Есть группа древесных растений (например, виды вейгелы), у которых побеги отличаются длительным ростом и не успевают до наступления морозов вызреть полностью. У них концы побегов прироста этого года подмерзают каждую зиму, невзирая на особенности зимы. Но у большинства видов обмерзание в подобные зимы отсутствует. Этот сезон 2021 г. отличался высокой урожайностью плодов и семян, прежде всего рябин и хвойных (у которых, как известно, имеется выраженная периодичность плодоношения). У некоторых видов отмечены редкие случаи цветения и плодоношения. Так, в 2021 г. впервые отмечено плодоношение *Viburnum rhytidophyllum* Hemsl. (калина морщинистолистная из Китая) с крупными вечнозелеными листьями. До этого сильно обмерзала и даже считалась комнатным растением, непригодным для культуры в открытом грунте. Засуха лета 2021 г., сопровождающаяся аномальной жарой, вызвала преждевременное пожелтение и опадение листьев целого ряда видов деревьев и кустарников, которые оказались незасухоустойчивыми и нежаростойкими. Плоды и семена многих видов были более мелкими, суховатыми, меньшими по массе, чем в обычные годы.

Таблица 3

Деревья и кустарники, погибшие в парке-дендрарии БИН РАН после зимы 2020/21 г.

Название растений	Участок, экз.	Примечание
<i>Acer platanoides</i> L.	8/55	Морозобоины и гниль ствола были отмечены еще в 2008 г. Последний из 4х стволов удален в 2021 г. как дерево угрозы. Растение достигло предельного возраста (более 130 лет), дупло у корневой шейки, ствол разрушен и сгнил.
<i>Acer platanoides</i> L. 'Rubrum'	115/1	Растение удалено осенью 2021 г. как дерево угрозы. Достигло предельного возраста. Ствол треснул и наклонился, гниль и разрушение древесины у корневой шейки.
<i>Acer tegmentosum</i> Maxim.	126/4	Растение из экспедиции Сада в Приморский край, окрестности Владивостока, 1989 г. Посадка 1995 г. Засохло от фитофторы и удалено к осени 2021 г.
<i>Acer tschonoskii</i> Maxim. subsp. <i>komarovii</i> (Pojark.) Nedoluzhko	37/5	Растение получено из ботанического сада Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии им. С.М. Кирова (ныне СПб государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова) в 1976 г. Первое плодоношение было отмечено в 2004 г. В 2019-2020 гг. состояние ухудшилось. В 2021 г. полное усыхание кроны от фитофторы, удалено как сухостой.
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench	96/6	Дерево почти достигло предельного возраста (около 120 лет). В 2021 г. наблюдалось резкое изреживание кроны, измельчение листьев, усыхание живых ветвей. К осени практически засохло от фитофторы и удалено.
<i>Larix archangelica</i> Laws.	33/28	Семена из Архангельской обл., п. Голубино, всходы 2005 г., посадка 2015 г. Дерево засохло от засухи 2021 г. Росло в тени, было сильно угнетено.
<i>Larix x marschlinsii</i> Coaz (<i>L. x eurolepis</i> A. Henry)	33/26	Семена из Литвы, Дубравская лесная опытная станция, всходы 1987 г., посадка 1995 г. Дерево засохло от засухи 2021 г. Росло в тени, было сильно угнетено.
<i>Lithocarpus glaber</i> (Thunb.) Nakai	99/48	Семена из Японии, Токио, всходы 2017 г. Растение вымерзло
<i>Paliurus spina-christi</i> Mill.	101/36	Растение из дендрария г. Иваново, всходы около 2012 г. Вымерзло.
<i>Pterocarya stenoptera</i> DC.	85/126	Растение не прижилось при посадке.
<i>Quercus robur</i> L.	145/42	Дерево упало 8 августа 2021 г., в возрасте около 130-135 лет. Корневая гниль.
<i>Rhododendron caucasicum</i> Pall.	100/ 31	Семена из научно-опытной станции БИН РАН "Отрадное", всходы 1999 г. Растение было пересажено с участка 99. К осени 2021 г. погибло от летней засухи при аномально жаркой погоде.
<i>Rhododendron occidentale</i> Gray	130/157	Семена из Германии, Гамбургский ботанический сад, всходы 1999 г. Растение пересажено из питомника в 2014 г. Усыхало в течение ряда лет, очевидно, от фитофторы. В 2021 г. взято обратно на питомник. Наблюдается усыхание почти всей кроны.
<i>Ribes sanguineum</i> Pursh	122/162	Растение не прижилось при посадке.
<i>Rosa terscolensis</i> Galushko	123/82	Семена из экспедиции Сада на Северный Кавказ в 2011 г. Посадка 2018 г. К осени 2021 г. растение погибло от летней засухи при аномально жаркой погоде.
<i>Salix gracilistyla</i> Miq.	91/13	Растение из экспедиции Сада на Дальний Восток, Лазовский район Приморского края, в 1997 г. Погибло от фитофторы. Не выдерживает мягких зим в результате потепления климата. Два оставшихся экземпляра тоже усыхают.

Окончание табл. 3

<i>Salix x rubens</i> Schrank (<i>S. alba</i> L. x <i>S. fragilis</i> L.)	26/23	Дерево погибло в мае 2021 г. Гниль, морозобоины и трещины ствола. Ствол поражен грибами (<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill). Достигло предельного возраста (возраст ~130 лет).
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	91/11	Растение удалено как дерево угроза зимой 2020/21 г. Корневая гниль, наклон ствола.
<i>Sorbus koehneana</i> C.K. Schneid.	123/39	Растение было получено от коллекционера К. Зенксена из Германии, посажено в 2004 г. В 2021 г. внезапно произошло усыхание от фитофторы.

Результаты многолетних (1950–1977 гг.) исследований эколого-ритмических и ритмо-адаптивных связей у интродуцированных и местных древесных растений на Северо-Западе России позволили в свое время Н.Е. Булыгину [27] в условиях климата еще прошлых десятилетий сделать вывод о широких возможностях использования фенологической информации как интегрального показателя степени адаптации интродуцентов. Данные наблюдений по программе Календаря природы подтверждают, что дендрофеноиндикаторы очень чувствительны к изменениям теплообеспеченности и подтверждают потепление климата в Санкт-Петербурге. Эффект потепления климата воспринимается до сих пор в подавляющем большинстве случаев как полезный. Поскольку возрастание температур позволяет выращивать в открытом грунте гораздо большее число теплолюбивых видов, чем это могло быть в прошлом. Резкое удлинение вегетационного сезона в сочетании с более короткой и мягкой зимой повышает их зимостойкость. В Ботаническом саду Петра Великого уже ряд лет выращиваются в открытом грунте и зимуют без укрытия такие теплолюбивые деревья и кустарники, как *Aucuba japonica* Thunb., *Cryptomeria japonica* (Thunb. exL. f.) D. Don, *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. На этом фоне возрастает число древесных растений, вступивших в генеративное состояние, настоящий всплеск генеративной способности экзотов. Однако у потепления климата есть и отрицательные стороны. При этом возникает угроза и большего распространения инвазионных видов [28]. А также угроза распространения болезней и вредителей [29; 30].

Заключение

В 2021 г. на фоне продолжающегося потепления климата Санкт-Петербурга отмечены фенологические аномалии, которые проявились прежде всего в ранних сроках наступления феноэтапов года, начиная с третьего этапа подсезона «Разгар весны» и до первого этапа «Спада лета» включительно. А сроки феноэтапов подсезона «Полного лета» стали рекордными или близкими к рекордным. Особенностью этого года стало аномально жаркое и засушливое лето с высокими июньскими и июльскими температурами. Потепление климата Санкт-Петербурга продолжается и усиливается. При этом растения на климатические изменения реагируют по-разному. Есть группа видов, которые улучшили свои адаптационные возможности, перестали обмерзать, вступили в репродуктивное состояние. Но у целого ряда растений состояние ухудшилось, особенно у ослабленных и старовозрастных деревьев. Это показывает, что необходим многолетний фенологический мониторинг и обработка накопленных данных наблюдений. А также их своевременная периодическая публикация. В условиях климатических изменений большое значение приобретают результаты многолетних фенологических наблюдений. Они, помимо изучения биологических особенностей самих растений, отражают воздействие на растения изменений климата. Фенологические данные даже по одному отдельно взятому интродукционному центру могут помочь дендрологам и садоводам не только в текущей работе, но и в перспективе на длительный период времени. Весьма важно, что использование системы фенологической периодизации года заметно облегчает проведение разного рода фенологических и дендрологических исследований. Оно может помочь быстро обнаружить допущенную ошибку в их результатах. А также обратить внимание на проявление той или иной фенологической или метеорологической аномалии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климат Санкт-Петербурга и его изменения: [монография] / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гос. учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейко-

- ва»; под ред. В. П. Мелешко, А. В. Мещерской, Е. И. Хлебниковой. – СПб.: Гл. геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2010. – 256 с.
2. Фирсов, Г.А. Древесные растения ботанического сада Петра Великого (XVIII-XXI вв.) и климат Санкт-Петербурга / Г.А. Фирсов // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук): тр. межд. науч. конф. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. – С. 208-215.
 3. Фирсов, Г.А. Древесные растения и климат Санкт-Петербурга в XX веке / Г.А. Фирсов, А.В. Волчанская // Всеобщая история. – 2021. – № 1. – С. 42-51.
 4. Фирсов, Г.А. Древесные растения в условиях климатических изменений в Санкт-Петербурге / Г.А. Фирсов, А.В. Волчанская. – М.: "МАСКА", 2021. – 128 с.
 5. Фирсов, Г.А. Аннотированный каталог покрытосеменных растений парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН / Г.А. Фирсов, В.Т. Яришко. – М.: Изд-во РОСА, 2021. – 452 с.
 6. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / М.С. Александрова, Н.Е. Булыгин, В.Н. Ворошилов, Р.А. Карпионова, Л.С. Плотникова. – М.: ГБС АН СССР, 1975. – 27 с.
 7. Лапин, П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции / П.И. Лапин // Бюллетень Главного Ботанического Сада. – 1967. – Вып. 65. – С. 13–18.
 8. Булыгин, Н.Е. Биологические основы дендрофенологии / Н.Е. Булыгин. – Л.: Изд-во ЛТА, 1982. – 80 с.
 9. Фадеева, И.В. Календари природы ботанических садов Санкт-Петербурга и динамика наступления их дендрологических и метеорологических индикаторов / И.В. Фадеева, Г.А. Фирсов // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы Пятой Межд. науч. конф. (Санкт-Петербург, 15-17 ноября 2011 г.). – СПб.: Ботанический сад БИН РАН, 2011. – С. 194-197.
 10. Фирсов, Г.А. Времена года в Ботаническом саду Петра Великого на Аптекарском острове / Г.А. Фирсов, Ю.С. Смирнов. – СПб., 2012. – 118 с.
 11. Фирсов, Г.А. Календарь природы Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН / Г.А. Фирсов, И.В. Фадеева // Древесные растения: фундаментальные и прикладные исследования. – М.: ФГБУН ГБС РАН, 2013. – Вып. 2. – С. 111-125.
 12. Булыгин, Н.Е. Сезонно-ритмическая структура годового цикла развития ландшафта, принципы её индикации и прогностическое значение / Н.Е. Булыгин // Моделирование и прогнозирование в индикационной дендрофенологии. – Л.: ЛТА, 1980. – С. 2-44. – Деп. в ВИНТИ, № 1033-81 Деп.
 13. Вольф, Э.Л. Наблюдения над морозостойкостью деревянистых растений / Э.Л. Вольф // Тр. бюро по прикл. ботанике. – 1917. – Т. 10, № 1. – С. 1-146.
 14. Булыгин, Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями / Н.Е. Булыгин. – Л.: ЛТА, 1979. – 97 с.
 15. Покровская, Т.В. Климат Ленинграда и его окрестностей / Т.В. Покровская, А.Т. Бычкова. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – 200 с.
 16. Конюкова, Л.Г. Климатические характеристики СССР по месяцам / Л.Г. Конюкова, В.В. Орлова, Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 144 с.
 17. Климат Ленинграда / [Выполн. Е.В. Алтыкисом, И.М. Белявской, В.Г. Бодриной и др.]; под ред. Ц.А. Швер [и др.]. – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 252 с.
 18. Фирсов, Г.А. О семенном возобновлении *Tamarix ramosissima* Ledeb. в коллекции «альпийские горки» Ботанического сада Петра Великого / Г.А.Фирсов, О.Г. Баранова, Н.Г. Цейтин // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. – 2021. – Т. 31, вып. 2. – С. 137-142.
 19. New Trees: Recent Introductions to Cultivation / J. Grimshaw, R. Bayton, Royal Botanic Gardens, Kew, International Dendrology Society. – 2009. – 976 p.
 20. Оценка состояния лиственницы (*Larix* Mill., *Pinaceae*) в Ботаническом саду Петра Великого в Санкт-Петербурге / Г.А. Фирсов, А.Г. Хмарик, Е.Ф. Малышева, В.Ф. Малышева // Hortus Botanicus. – 2016. – Т. 11. – С. 119-143.
 21. Веденяпина, Е.Г. Невидимые фитопторы / Е.Г. Веденяпина, Г.А. Фирсов // Питомник и частный сад. – 2014. – № 2. – С. 40-45.
 22. Почвообитающие виды рода *Phytophthora* в Ботаническом саду БИН РАН. I. Первые находки *Ph. citricola*, *Ph. plurivora* и *Ph. quercina* в России / Е.Г. Веденяпина, А.В. Волчанская, В.Ф. Малышева, Е.Ф. Малышева, Г.А. Фирсов // Микология и фитопатология. – 2014. – Т. 48, вып. 4. – С. 263-273.
 23. Почвообитающие виды рода *Phytophthora* в Ботаническом саду БИН РАН. II. Результаты двухлетнего мониторинга / Е.Г. Веденяпина, Г.А. Фирсов, А.В. Волчанская, Н.И. Воробьев // Микология и фитопатология. – 2014. – Т. 48, вып. 5. – С. 322–332.
 24. Состояние дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Ботаническом саду БИН РАН / Е.Г. Веденяпина, А.В. Волчанская, Н.В. Лаврентьев, Г.А. Фирсов // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. – 2015. – Т. 25, вып. 2. – С. 43-50.
 25. Фирсов, Г.А. Почвообитающие фитопторы и древесные растения в Санкт-Петербурге: новые угрозы третьего тысячелетия / Г.А. Фирсов, Е.Г. Веденяпина, А.В. Волчанская // Hortus Botanicus. – 2014. – Т. 9. – С. 18-35.

26. Морозобоины и патогенные ксилотрофные грибы в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого / Г.А. Фирсов, В.Т. Ярмишко, И.В. Змитрович, М.А. Бондарцева, С.В. Волобуев, В.А. Дудка. – СПб: Изд-во «Ладоба», 2021. – 304 с.
27. Булыгин, Н.Е. Сезонный ритм древесных растений как индикатор их адаптации / Н.Е. Булыгин // Тез. докл. VI делегат. съезда ВБО (Кишинёв, 12-17 сентября 1978 г.). – Л.: Наука, 1978. – С. 147-148.
28. Фирсов, Г.А. Обзор древесных экзотов, дающих самосев в г. Санкт-Петербурге (Россия) / Г.А. Фирсов, В.В. Бялт // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2015. – № 4. – С. 129-152.
29. Фирсов, Г.А. Современное состояние вязов (*Ulmus* L., Ulmaceae) в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого в условиях эпифитотии голландской болезни вязов / Г.А. Фирсов, Т.С. Булгаков // Hortus Botanicus. – 2017. – Т. 12. – URL: <https://doi.org/10.15393/j4.art.2017.3962>. (дата обращения 21.02.2022).
30. Фирсов Г.А., Булгаков Т.С. Состояние вязов (*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.

Поступила в редакцию 24.02.2022

Фирсов Геннадий Афанасьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
отдела Ботанический сад Петра Великого
E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Фадеева Инна Вадимовна, кандидат биологических наук, ведущий специалист Фенологического центра
отдела Ботанический сад Петра Великого
E-mail: butvik@mail.ru

ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН»
197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2

G.A. Firsov, I.V. Fadeeva

FEATURES OF THE DYNAMICS OF SEASONAL DEVELOPMENT OF NATURE IN SAINT PETERSBURG IN 2021

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-119-129

The abnormally warm and dry summer was the main feature of the year 2021. The average temperature of June (21,4^o) was the record for the whole period of instrumental meteorological observations since 1752. The phenological anomalies were evident first of all in the early dates of phenostages of the year, since the third stage of subseason "Height of Spring" till the first stage of subseason "Abatement of Summer", and especially very early dates of subseason of "Full Summer", which became the record or close to record ones. So, the warming of the climate of Saint Petersburg is continuing and strengthening. In such condition after the winter 2020/21 the majority of trees and shrubs in Peter the Great Botanic Garden (Saint Petersburg, Russia) survived the winter without damages or with small damages not more than half of annual growth. The summer drought, accompanied by hot weather, caused the early yellowing and falling of leaves on many trees and shrubs which happened to be not hardy to drought. The phenological monitoring and timely publishing of results of observations is of important significance in conditions of climatic changes.

Keywords: phenology, woody plants, arboriculture, Saint Petersburg.

REFERENCES

1. *Klimat Sankt-Peterburga i ego izmeneniya* [The climate of St. Petersburg and its changes], Meleshko V.P., Meshcherskaya A.V., Khlebnikova E.I. (ed.), St. Petersburg: Glavnaya Geofiz. Observatoriya im. A.I. Voeykova Publ., 2010, 256 p. (in Russ.).
2. Firsov G.A. [Woody plants of Peter the Great Botanic Garden (18th–21st centuries) and the climate of Saint-Petersburg], in *Tr. mezhd. nauch. konf. "Botanika: istoriya, teoriya, praktika"* (k 300-letiyu osnovaniya Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova Rossiyskoy akademii nauk), St. Petersburg: SPbGETU "LETI" Publ., 2014, pp. 208-215 (in Russ.).
3. Firsov G.A., Volchanskaya A.V. [Woody plants and climate of Saint-Petersburg in the XX century], in *Vseobshchaya istoriya*, 2021, no. 1, pp. 42-51 (in Russ.).
4. Firsov G.A., Volchanskaya A.V. *Drevesnye rasteniya v usloviyakh klimaticheskikh izmeneniy v Sankt-Peterburge* [Woody plants in the conditions of climatic changes in St. Petersburg], Moscow: "MASKA" Publ., 2021, 128 p. (in Russ.).

5. Firsov G.A., Yarmishko V.T. *Annotirovannyi katalog pokrytosemennykh rasteniy parka-dendrariya Botanicheskogo sada Petra Velikogo BIN RAN* [Annotated catalog of angiosperms of the Peter the Great Botanical Garden of the BIN RAS], Moscow: ROSA Publ., 2021, 452 p. (in Russ.).
6. Aleksandrova M.S., Bulygin N.E., Voroshilov V.N., Karpisonova R.A., Plotnikova L.S. *Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR* [Methods of phenological observations in the botanical gardens of the USSR], Moscow: Nauka Publ., 1975, 27 p. (in Russ.).
7. Lapin P.I. Sezonnyy ritm razvitiya drevesnykh rasteniy i ego znachenie dlya introduktsii [Seasonal rhythm of development of woody plants and its significance for introduction], in *Byul. Glav. Botan. Sada*, 1967, iss. 65, pp. 13-18 (in Russ.).
8. Bulygin N.E. *Biologicheskie osnovy dendrofenologii* [Biological foundations of dendrophenology], Leningrad: LTA Publ., 1982, 80 p. (in Russ.).
9. Fadeeva I.V., Firsov G.A. Kalendar prirody botanicheskikh sadov Sankt-Peterburga i dinamika nastupleniya ikh dendrologicheskikh i meteorologicheskikh indikatorov [Calendars of nature of Botanical gardens in Saint-Petersburg and dynamics of the onset of their dendrological and meteorological indicators], in *Mater. Pyatoy Mezhd. nauch. konf. "Biologicheskoe raznoobrazie. Introduktsiya rasteniy" (St. Peterburg, 15-17 November, 2011)*, St. Petersburg: Botanicheskii sad BIN RAN, 2011, pp. 194-197 (in Russ.).
10. Firsov G.A., Smirnov Yu.S. *Vremena goda v Botanicheskom sadu Petra Velikogo na Aptekarskom ostrove* [Seasons in the Peter the Great Botanical Garden on Aptekarsky Island], St. Petersburg, 2012, 118 p. (in Russ.).
11. Firsov G.A., Fadeeva I.V. Kalendar' prirody Botanicheskogo sada Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova RAN [Calendar of nature of Botanical garden of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences], in *Drevesnye rasteniya: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya*, Moscow: FGBUN GBS RAN, 2013, iss. 2, pp. 111-125 (in Russ.).
12. Bulygin N.E. *Sezonno-ritmicheskaya struktura godichnogo tsikla razvitiya landshafta, printsipy ee indikatsii i prognosticheskoe znachenie* [Seasonal-rhythmic structure of the annual cycle of landscape development, principles of its indication and prognostic value], in *Modelirovanie i prognozirovanie v indikatsionnoy dendrofenologii*, Leningrad: LTA Publ., 1980, pp. 2-44. Dep. v VINITI, 1033-81 Dep. (in Russ.).
13. Vol'f E.L. *Nablyudeniya nad morozostoykost'yu derevyanistykh rasteniy* [Observations on the frost resistance of woody plants], in *Tr. byuro po prikl. Botanike*, 1917, vol. 10, no. 1, pp. 1-146 (in Russ.).
14. Bulygin N.E. *Fenologicheskie nablyudeniya nad drevesnymi rasteniyami* [Phenological observations on woody plants], Leningrad: LTA Publ., 1979, 97 p. (in Russ.).
15. Pokrovskaya T.V., Bychkova A.T. *Klimat Leningrada i ego okrestnostey* [Climate of Leningrad and its environs], Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1967, 200 p. (in Russ.).
16. Konyukova L.G., Orlova V.V., Shver Ts.A. *Klimaticheskie kharakteristiki SSSR po mesyatsam* [Climatic characteristics of the USSR by month], Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1971, 144 p. (in Russ.).
17. Altykis E. V., Belyavskaya I. M., Bodrina V. G. et al. *Klimat Leningrada* [Climate of Leningrad], Shver Ts. A. (ed), Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1982, 252 p. (in Russ.).
18. Firsov G.A., Baranova O.G., Tseitin N.G. [On the seed renewal of *Tamarix ramosissima* Ledeb. in the collection alpinarium of Peter the Great Botanic garden], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol.. Nauki o Zemle*. 2021, vol. 31, iss. 2, pp. 137-142 (in Russ.).
19. Grimshaw J., Bayton R. *New Trees: Recent Introductions to Cultivation*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew and The International Dendrology Society. 2009. 976 p.
20. Firsov G. A., Khmarik A. G., Malysheva E. F., Malysheva V. F. *Ocenka sostoyaniya listvennicy (Larix Mill., Pinaceae) v Botanicheskom sadu Petra Velikogo v Sankt-Peterburge* [Evaluation of larch trees (larix mill., pinaceae)], in *Hortus botanicus*, 2016, vol. 11, pp. 119-143 (in Russ.).
21. Vedenyapina E.G., Firsov G.A. *Nevidimye fitofory* [Invisible phytophthora], in *Pitomnik i chastnyy sad*, 2014, no. 2, pp. 40-45 (in Russ.).
22. Vedenyapina E. G., Volchanskaya A.V., Malysheva V.F., Malysheva E.F., Firsov G.A. [Soil-borne *Phytophthora* species in Botanical Garden of RAS. I. First records of *Ph. citricola*, *Ph. plurivora* and *Ph. quercina* in Russia], in *Mikologiya i fitopatologiya*, 2014, vol. 48, iss. 4, pp. 263-273 (in Russ.).
23. Vedenyapina E. G., Firsov G. A., Volchanskaya A. V., Vorobev N. I. [Soil-borne *Phytophthora* species in Botanical Garden of RAS. II. Results of 2-years monitoring], in *Mikologiya i fitopatologiya*, 2014, vol. 48, iss. 5, p. 322-332 (in Russ.).
24. Vedenyapina E. G., Volchanskaya A. V., Lavrentyev N. V., Firsov G. A. [Oak (*Quercus robur* L.) in the Botanic Garden of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of sciences], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle*, 2015, vol. 25, iss. 2, pp. 43-50 (in Russ.).
25. Firsov G. A., Vedenyapina E. G., Volchanskaya A. V. [Soil-borne *Phytophthora* and woody plants in Saint-Petersburg: new threats of the third millennium], in *Hortus Botanicus*, 2014, vol. 9, pp. 18-35 (in Russ.).
26. Firsov G.A., Yarmishko V.T., Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Volobuev S.V., Dudka V.A. *Morozoboiny i patogennyye ksilotrofnyye griby v parke-dendrarii Botanicheskogo sada Petra Velikogo* [Frost-biting and pathogenic xy-

- lotrophic fungi in the Arboretum Park of the Peter the Great Botanical Garden], St. Petersburg: "Ladoga" Publ., 2021, 304 p. (in Russ.).
27. Bulygin N.E. Sezonnny ritm drevesnykh rasteniy kak indikator ikh adaptatsii [Seasonal rhythm of woody plants as an indicator of their adaptation], in *Tez. dokl. VI delegat. s"ezda VBO (Kishinev, 12-17 September, 1978)*, Leningrad: Nauka Publ., 1978, pp. 147-148 (in Russ.).
28. Firsov G.A., Byalt V.V. [Review of woody exotic species producing a self-sowing in Saint-Petersburg (Russia)], in *Rossiyskiy Zhurnal Biologicheskikh Invaziy [Russian Journal of Biological Invasions]*, 2015, no. 4, pp. 129-152 (in Russ.).
29. Firsov G.A., Bulgakov T.S. [The modern state of elms (*Ulmus* L., Ulmaceae) in arboretum of Peter the Great Botanic Garden under conditions of epiphytoty of the Dutch elm disease], in *Hortus Botanicus*, 2017, vol. 12. <https://doi.org/10.15393/j4.art.2017.3962> (in Russ.).
30. Firsov G. A., Bulgakov T. S. [The state of elms (*Ulmus* L., Ulmaceae) in arboretum of Peter the Great Botanic garden in 2016], in *Vest. Voronezh. Univ. Ser.: Khimiya, biologiya, farmatsiya*, 2018, no. 3, pp. 129-135 (in Russ.).

Received 24.02.2022

Firsov G.A., Candidate of Biology, Senior Researcher of the Department botanic garden
E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Fadeeva I.V. Candidate of Biology, Leading Specialist of the Phenological center of the
Department botanic garden
E-mail: butvik@mail.ru

Komarov Botanical Institute RAS
Prof. Popova st., 2, St. Petersburg, Russia, 197376