



УДК 58.002, 58.006
ББК 28.59

УРОВНИ АДАПТИРОВАННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ КРАСНОЙ КНИГИ РОССИИ, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ, В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА¹

Г.А. Фирсов, А.В. Волчанская, И.В. Фадеева

В статье представлены результаты наблюдений за редкими видами дендрофлоры. При изменившемся климате в Санкт-Петербурге у ряда ранее зимостойких видов стали наблюдаться случаи сильных обмерзаний и гибели растений из-за преждевременного начала ростовых процессов, выпревания и вымокания. В будущем важным фактором может стать жаростойкость, а в загородной среде – устойчивость к пожарам. В этих условиях возрастает значение рядов непрерывных фенологических наблюдений. С учетом потепления климата нужно разрабатывать новые приемы агротехники.

Ключевые слова: редкие виды, интродукция, зимостойкость, климат.

Введение

Изменения климата – это проблема, которая все более доминирует в политике и практике многих ботанических садов мира. Состоявшийся 8–12 июня 2009 г. в г. Хельсинки Европейский конгресс ботанических садов проходил под девизом «Botanic Gardens in the age of climate change». Несмотря на неуверенные прогнозы о влиянии изменений климата на коллекции в текущем столетии, ботанические сады должны быть готовы к изменениям условий окружающей среды. В связи с этим на Всемирном конгрессе ботанических садов в г. Дублине в июне 2010 г. был принят новый вариант Международной программы ботанических садов по сохранению растений [15]. Программа способствует выполнению Глобальной стратегии сохранения растений [16].

Отличительной чертой современного климата является его потепление, скорость которого значительно возросла в последние годы и десятилетия [7;14; и др.]. Под воз-

действием климатических изменений может произойти деградация и фрагментация ареалов многих видов растений с возникновением новых условий существования для отдельных растительных сообществ и экосистем. Уже сейчас влияние на окружающую среду антропогенного фактора значительно затрудняет адаптацию видов растений и целых экосистем к изменениям климата [4]. Если изменения глобального климата действительно будут иметь место в ближайшие десятилетия, то неизбежным станет катастрофическое обеднение биоразнообразия [13].

На территории РФ Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды стала одним из ведущих ведомств по новой проблеме глобального изменения климата начиная с 1970-х годов [1]. Известный фенолог Н.Е. Булыгин обратил внимание на потепление климата в Санкт-Петербурге также с начала 1970-х годов [2]. Самые длинные в России непрерывные ряды метеорологических и фенологических наблюдений наглядно свидетельствуют о колебаниях климата в Санкт-Петербурге и тенденции к его потеплению. Климатические изменения выражаются в участвующих аномально теп-

лых зимах и зимах с продолжительными оттепелями, в изменении соотношения между длительностью сезонов года, в увеличении временного интервала между аномально суровыми зимами, в повышении среднеминимальной температуры воздуха зимой и возрастании среднегодовой температуры [3; 8]. Наиболее значительные увеличения температуры и осадков отмечены для холодной части года [12]. И особенно уязвимыми к этому в первую очередь могут оказаться редкие и исчезающие растения, которые обладают узкой экологической амплитудой к изменениям среды [3; 5].

Материалы и методы

В таблице 1 приведены средние метеорологические показатели современного климата, рассчитанные для 30-летия с 1980 по 2009 год. Расчеты метеорологических показателей сделаны по данным метеостанции «Санкт-Петербург» Санкт-Петербургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями. Зимы ранжированы по сумме температур в холодную часть года. В графе 1 приняты следующие обозначения: БМП – безморозный период, Т – температура воздуха. Под вегетационным периодом (ВП) подразумевается количество дней от первого феноэтапа подсезона «Оживления весны» (ОВ1) до первого феноэтапа подсезона «Глубокой осени» (ГО1) по календарю природы Ладого-Ильменской территориально-феноиндикационной системы [2]. Начало цветения мужских цветков *Alnus incana* (L.) Moench характеризует наступление подсезона «оживление весны» и начало вегетационного сезона в геосистеме [12]. При доверительном уровне $P = 0,99$ нами сделано статистическое распределение зим последнего 30-летия по сумме температур с подразделением на «норму» (Н): $X = \pm 3m_x$, (424 °C ... -706 °C), холодные (Х): < -706 °C и теплые (Т): > -424 °C, где m_x – величина стандартной ошибки среднего значения. Через значение $1,5S$ выделена категория «очень холодных» зим, которые оказывают большое воздействие на зимостойкость древесных растений в Санкт-Петербурге, являясь критическими (см. табл. 1).

На протяжении 1984–2011 гг. в Ботаническом саду Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (далее – БИН) проводятся наблюдения за видами всех имеющих жизненных форм древесных растений Красной книги России, в таблицу 2 включены результаты наблюдения за 127 модельными особями 43 видов. Оценка обмерзания проводилась по шкале П.И. Лапина [6]: 1 – отсутствие повреждений ... 7 – гибель растения целиком. В некоторых случаях дополнительно использовались индексы: Е – единично, У – умеренно (ограниченно), Ш – широко, С – обмерзли скелетные ветви. Наблюдаемые растения в природных условиях произрастают в разных регионах России (Дальний Восток, Сибирь, Кавказ, Поволжье, северо-запад Европейской части), с преобладанием дальневосточных видов. Один вид, *Myrica gale* L., является видом местной флоры. Балл обмерзания в скобках означает, что он наблюдался очень редко.

Результаты и обсуждение

Анализ метеоданных показывает, что к категории «очень холодных» можно отнести 2 зимы: 1984/85 (-1 096 °C) и 1986/87 гг. (-1 123 °C). Зима 1986/87 г. была одной из самых суровых зим XX века. Кроме большой суммы зимнего выхолаживания она отличалась очень низкими минимальными значениями температуры и продолжительностью сильных морозов. Критические морозы, когда среднесуточная температура воздуха превышала -30 °C, держалась в течение 4 сут, а минимальная температура 10 января 1987 г. (-34,7 °C) – самая холодная во второй половине XX века. Она была одной из самых суровых по своему воздействию на древесные растения [12]. Наиболее суровые зимы, по справедливости получившие у интродукторов название критических, являются главным фактором отбора экзотов на их устойчивость в условиях местного климата [11]. Что касается «холодных» зим, то таких насчитывается 8. Из данных таблицы 1 видно постепенное уменьшение абсолютно минимальной температуры и среднего из абсолютных минимумов от категории «ОХ» до категории «Т»,

а также удлинение безморозного и вегетационного периода, увеличение среднегодовой температуры и зацветание ольхи серой в гораздо более ранние сроки. Для холодных зим абсолютный минимум уже не достигает $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а средний из абсолютных минимумов равен $-27,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Только две холодные зимы приходятся на XXI в.: 2002/03 г. ($-97\text{ }^{\circ}\text{C}$) и 2005/06 г. ($-784\text{ }^{\circ}\text{C}$), однако при достаточно высокой среднегодовой температуре ($5,6^{\circ}$ и $6,4^{\circ}$ соответственно). Что касается среднегодовой температуры воздуха, то исследования И.В. Фадеевой и Г.А. Фирсова [9] показали, что возрастание ее на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Санкт-Петербурге приводит к увеличению вегетационного периода на $11,7\pm 0,97$ сут. Заметно холодным было начало 1980-х гг.: на период до 1987 г. выпало 5 холодных зим. И 3 таких зимы наблюдались в середине – конце

1990-х годов. Крайне неблагоприятные для растений сочетания биоклиматической ситуации, когда за холодной (или очень холодной) зимой следует холодное лето (комбинация XX или, что особенно плохо, OXX), в 1980-х гг. наблюдались в четырех случаях: 1979/80, 1981/82, 1984/85, 1986/87 годы. В начале третьего тысячелетия таких случаев не было. После холодной зимы 2002/03 г. лето было нормальным, а после зимы 2005/06 г. – теплым.

Для нормальных (средних) зим (11 из 30) характерно отсутствие таких сильных морозов, как в холодные зимы. Средний из абсолютных минимумов ($-21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) в нормальные зимы заметно уступает холодным, и тем более очень холодным зимам. После нормальных зим ольха зацветает на 6 суток раньше, чем после холодных. В эти годы длиннее вегетационный и безморозный период.

Таблица 1

Метеофенологическая характеристика зим 1980–2009 гг. в г. Санкт-Петербурге

Показатели	Зимы				Значения за 30 лет
	ОХ	Х	Н	Т	
Годы	1984/85 1986/87	1979/80 1981/82 1985/86 1993/94 1995/96 1998/99 2002/03 2005/06	1980/81 1982/83 1983/84 1987/88 1990/91 1996/97 1997/98 2000/01 2001/02 2003/04 2004/05	1988/89 1989/90 1991/92 1992/93 1994/95 1999/00 2006/07 2007/08 2008/09	1980/2009
Число зим	2	8	11	9	30
Средняя продолжительность зимы, сут	117	128	121	102	117 ± 24
Средняя дата начала зимы	21.11	13.11	21.11	19.11	$18.11 \pm 3,5$
Средняя дата окончания зимы	18.03	21.03	22.03	29.02	15.03 ± 3
Средняя сумма температур зимы, $T\text{ }^{\circ}\text{C}$	-1110	-809	-514	-291	-565 ± 257
Абсолютный минимум, $T\text{ }^{\circ}\text{C}$	-34,7 (1986/87)	-28,8 (2002/03)	-25,4 (2001/02)	-23,1 (1988/89)	-34,7 (1986/87)
Средний из абсолютных минимумов, $T\text{ }^{\circ}\text{C}$	-32,3	-27,2	-21,2	-19,5	$-23,0 \pm 4,7$
БМП в воздухе в последующую теплую часть года, сут	163	171	174	180	$174 \pm 18,2$
T среднегодовая, $^{\circ}\text{C}$	3,6	5,6	5,8	6,5	$5,8 \pm 1,0$
Продолжительность ВП (ОВ1-ГО1), сут	171	187	194	207	$195 \pm 13,7$
Средняя дата начала цветения ольхи серой	24.04	14.04	08.04	27.03	$07.04 \pm 2,0$

Результаты оценки зимостойкости древесных растений Красной книги РФ (2008) в Ботаническом саду Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН за период 1984–2010 годов

Название растений	А	Обмерзание	Примечания
Виды, устойчивые во всех биоклиматических ситуациях:			
<i>а) вполне устойчивые</i>			
<i>Abies gracilis</i> Kom.	1986	1	Устойчив к зимним морозам, оттепелям, резким колебаниям температуры, снеголому, короткому вегетационному сезону, не требует специальной почвы. Наблюдалось первое семеношение в 2007 году
<i>Euonymus nanus</i> Bieb.	1990	1	Зимует под снегом (вечнозеленый), за 20 лет обмерзаний не выявлено. Эпизодически плодоносит
<i>Juniperus foetidissima</i> Willd.	1991	1	Растет в защищенном месте. В вегетативном состоянии
<i>Juniperus sargentii</i> (A. Henry) Takeda ex Koidz.	1989	1	Высажен в разных местах парка, семеносит и выращивается из местных семян. По размерам намного превышает высоту снежного покрова
<i>Larix olgensis</i> A. Henry	1998	1	По устойчивости, скорости роста и другим биологическим особенностям не уступает известным и давно введенным в культуру видам лиственницы, пока в вегетативном состоянии
<i>Magnolia hypoleuca</i> Siebold et Zucc.	1990	1	Данный экз. (из природных условий о-ва Кунашир) вполне устойчив на протяжении 20 лет, в вегетативном состоянии. Требует тщательно выбранного и защищенного от ветра места посадки, с легкой пригнеткой от более высоких деревьев первого яруса и повышенной влажности воздуха. Отличается низкой побегообразовательной способностью и труден для размножения в культуре
<i>Picea glehnii</i> (Fr. Schmidt) Mast.	1955	1	Обмерзаний за 56 лет не выявлено, образует шишки с нормально развитыми семенами, разводится летними и зимними черенками
<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zucc.	1996	1	По зимостойкости не отличается от местной сосны обыкновенной, однако пока еще не перенес аномально холодных зим. В вегетативном состоянии. Зимой 2009/10 г. у отдельных особей наблюдался снеголом
<i>Populus balsamifera</i> L.	~1920	1	В саду 3 крупных дерева первой величины, входит в ведущий ассортимент городских зеленых насаждений Санкт-Петербурга
<i>Sorbocotoneaster pozdnjakovii</i> Pojark.	1974	1	Вполне устойчив за длительный период испытаний, ежегодно цветет и плодоносит, образует всхожие семена
<i>б) устойчивые, но незначительно обмерзающие в неблагоприятных условиях</i>			
<i>Aristolochia manshuriensis</i> Kom.	1955	2	Из-за длительного роста побегов ежегодно подмерзают концы молодого неодревесневшего прироста (как и у других лиан), но тем не менее в самые неблагоприятные годы никогда не наблюдалось обмерзания свыше 2 баллов. Ежегодно плодоносит и выращивается из своих семян (эти растения представляют уже третье поколение)
<i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.	~1931	1(4E-Y)	Было небольшое подмерзание у отдельных особей зимой 1986/87 г., ни в одну из последующих зим обмерзаний не отмечалось. Входит в широкий ассортимент городских зеленых насаждений Санкт-Петербурга, образует самосев и местами натурализовался

Название растений	А	Обмерзание	Примечания
<i>Juniperus rigida</i> Siebold et Zucc.	1998	1 (3)	За этот период времени вполне устойчив. Первое семеношение в 2007 г. в возрасте 9 лет
<i>Lonicera tolmatchevii</i> Pojark.	1990	1 (2)	Иногда наблюдается небольшое обмерзание почек и концов однолетних побегов (единично и незначительно). Ежегодно обильно цветет и плодоносит, образует всхожие семена
<i>Myrica gale</i> L.	2004	1-3 (4)	Вид местной флоры, обычно зимует под защитой снежного покрова. При культуре в Ботаническом саду БИН (растение из Юнтоловского заказника) иногда бывают небольшие обмерзания. Требуется специфических почвенных условий и определенного режима влажности
<i>Sibiraea altaiensis</i> (Laxm.) Schneid.	~1961	1 (2-3)	Устойчив и плодоносит. Обмерзание 3 балла (побеги обмерзли более половины длины годичного прироста) было отмечено лишь однажды, в аномально суровую зиму 1986/87 года
<i>Exochorda serratifolia</i> S. Moore	1978	1-2	В обычных условиях зимостоек. Ежегодно цветет и плодоносит
<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold	1968	1-2 (4)	В обычных условиях не обмерзает (редко 2 балла). Обмерзание побегов старше одного года (4 балла) отмечено лишь однажды, после зимы 1986/87 года. Выращивается из собственных семян
Виды, относительно устойчивые			
<i>Betula raddeana</i> Trautv.	1955	1-2 (4)	Постоянно подмерзают концы побегов из-за их длительного роста
<i>Juglans ailanthifolia</i> Carr.	~1945	1 (2-4)	В обычных условиях не обмерзает. Однако образуются морозобоины на стволе (на отдельных деревьях). После зимы 1986/87 г. имело место обмерзание побегов старше одного года. Ежегодно плодоносит и образует обильный самосев
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.) Koidz.	1960	1 (4)	В обычных условиях не обмерзает. После зимы 1986/87 г. обмерзли побеги старше одного года, однако потом восстановился. Выращивается из местных семян
<i>Microbiota decussata</i> Kom.	1963	1-2 (4)	Может незначительно обмерзать после холодных зим (1986/87, 1993/94, 1998/99 гг.). В обычные зимы обмерзание 1-2 балла. Может обмерзать и после теплых зим при отсутствии снежного покрова и резких колебаниях температуры
Виды, сильно обмерзающие в холодные зимы			
<i>Viburnum wrightii</i> Miq.	1991	1-2 (4-6)	В холодную зиму 2005/06 г. обмерз до корневой шейки, в обычные зимы обмерзание отсутствует или не превышает концов годичного прироста. Ежегодно плодоносит и выращивается из собственных семян
<i>Armeniaca mandshurica</i> (Maxim.) Skvorts.	1939	1-2 (4-7)	Может сильно обмерзать в холодные зимы. Выращивается из местных семян, плодоношение эпизодическое
<i>Corylus colurna</i> L.	~1911	1-2 (4)	Зимой 1986/87 г. обмерзли скелетные ветви, после чего некоторые экз. не восстановились. В последние годы цветет.
<i>Hydrangea petiolaris</i> Siebold et Zucc.	1976	1(4-7)	Зимой 1986/87 г. обмерз до уровня снега (балл 5). Реагирует и на аномально теплые зимы: два старых экз. на 71 уч. погибли после зимы 2006/07 г. из-за выпревания. Образует всхожие семена

Название растений	А	Обмерзание	Примечания
<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	1998	2 (4)	Сильно обмерзает и растет кустом, в вегетативном состоянии
<i>Pinus pallasiana</i> D. Don	1960	1(4-7)	Зимой 1984/85 г. погибли не только верхушечные почки годовых побегов, но и скелетные ветви. Сильно пострадал после зимы 1986/87 г.: одно из двух деревьев вымерзло с корнем, у второго обмерзла вся нижняя часть кроны. После 1987 г. обмерзания не отмечалось, а с 2007 г. образует шишки, получено семенное потомство
<i>Pterocarya pterocarpa</i> (Michx.) Kunth ex Iljinsk.	~1955	1-2 (4)	В обычные зимы обмерзания отсутствуют или не превышают концов однолетних побегов. Заметно обмерз зимой 1986/87 г., однако восстановился. Плодоносит с 2000 года
<i>Staphylea colchica</i> Stev.	1986	1-2 (4)	Отличается длительным ростом побегов, которые часто подмерзают. Сильное обмерзание побегов старше одного года отмечено после холодных зим 1993/94 и 2002/03 годов. Первое плодоношение в 2000 году
<i>Taxus baccata</i> L.	До 1935	1-4 (4-5)	В холодные зимы могут обмерзать скелетные ветви и даже вся надземная часть до уровня снега. В прошлом вводился в культуру неоднократно и периодически вымерзал
Виды, реагирующие на теплые зимы начала XXI века			
<i>Betula schmidtii</i> Regel	1954	1-2 (4)	После зимы 2006/07 г. засохли ветви, прирост стал не ежегодным, хотя в холодные и нормальные зимы обмерзание не превышало 2 баллов. Плодоносит, получено семенное потомство
<i>Cotoneaster alainicus</i> Golits.	1986	1(2-4)	Сильно обмерз в зиму 2006/07 г., хотя даже в холодные зимы обмерзание могло отсутствовать
<i>Acer japonicum</i> Thunb.	1984	1-4 (6)	Единственный экз. на уч. 99 обмерз до корневой шейки как раз в теплую, рекордную по многим показателям зиму 2006/07 г. (потом восстановился). Здесь в вегетативном состоянии
<i>Oplopanax elatus</i> (Nakai) Nakai	1997	1 (2-7)	После зимы 2006/07 г. у одной особи наблюдалось обмерзание концов однолетних побегов. Другая особь погибла после зимы 2008/09 г. – сопрела у шейки корня
<i>Prinsepia sinensis</i> (Oliv.) Bean	1972	2-4 (5-7)	После зимы 2006/07 г. один экз. погиб. Второй экз. сильно обмерз. Отличается очень коротким периодом глубокого покоя и в случае теплых зим начинает вегетацию в периоды оттепелей, в предзимье или даже осенью
<i>Quercus dentata</i> Thunb.	1990	2-3 (7)	После зимы 2007/08 г. погиб 1 экз., у которого было подгнивание коры у корневой шейки. У единственного оставшегося в парке экз. ежегодно обмерзают концы побегов (балл 2 и иногда 3), первое цветение в 2009 г. в возрасте 20 лет
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim	1978	1 (2-7)	Очень зимостоек даже в аномально холодные зимы. Однако после теплых зим в последние годы зафиксированы случаи выпревания отдельных экземпляров. В питомнике погибло 2 экз. после зимы 2008/09 г. в возрасте 19 лет

Название растений	А	Обмерзание	Примечания
Виды, которые по-разному могут обмерзать в разные зимы			
<i>Taxus cuspidata</i> Siebold et Zucc. ex Endl.	1941	1-4	Считается зимостойким и перспективным для разведения в Санкт-Петербурге. Однако как в холодные, так в теплые и нормальные годы может наблюдаться подмерзание и подгорание хвои и побегов. Образует самосев
Виды, нуждающиеся в дополнительных испытаниях			
<i>Genista tanaitica</i> P. Smirn.	2005	2 (4-7)	Концы побегов не одревесневают и ежегодно обмерзают. Ксерофит и кальцефит (в природных условиях растет на обнажениях мела), требует хорошего дренажа, плохо реагирует на избыточное увлажнение, подвержен вымоканию и выпреванию. Требуются более длительные испытания
<i>Leptopus colchicus</i> Fisch. et C.A. Mey. ex Boiss.) Pojark.	2007	3	Не испытал воздействия холодных зим (только теплых). Постоянно обмерзают побеги на всю длину годовичного прироста. Несмотря на это, ежегодно плодоносит, получено семенное потомство. Небольших размеров и зимует под защитой снежного покрова
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold et Zucc.) Planch.	1994	2-4 (7)	Не поднимается выше уровня снежного покрова, не достигает больших размеров, в вегетативном состоянии, может сильно обмерзать и вымерзать
<i>Schizophragma hydrangeoides</i> Siebold et Zucc.	1989	1-2	Несмотря на длительный период выращивания (растение из экспедиции на о-в Кунашир), не поднимается выше уровня снежного покрова, очень небольших размеров и в вегетативном состоянии. Нуждается в размножении и более массовых испытаниях

Теплые зимы могут быть разной продолжительности, но все же преобладают короткие. Температура в эти зимы может краткосрочно опускаться до $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, но чаще она не опускается ниже $-15\text{...}-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким зимам свойственны длительные оттепели, отсутствие и периодическое стаивание снежного покрова. Теплые зимы начались с зимы 1988/89 г., именно с этого года явно выражена тенденция к потеплению климата. За пятилетие 1989–1993 гг. было 4 теплых зимы почти подряд (при одной «нормальной»). Также теплыми были зимы конца XX века. Теплыми были и последние три зимы исследуемого 30-летия, включая зиму 2008/09 года. При этом зиму 2007/08 г. (сумма температур $-72\text{ }^{\circ}\text{C}$) можно отнести к категории «очень теплых». Фактически она является рекордно теплой за весь период наблюдений. Климатическая и фенологическая тенденция последней четверти XX в. обеспечила успешность выращивания в открытом грунте многих теплолюбивых и считавшихся ранее непригодными для культуры видов.

Интересно проследить, изменились ли и как изменились уровни адаптированности древесных растений в Санкт-Петербурге на фоне изменившейся нормы климата в начале XXI века. Особенно это важно в отношении редких и исчезающих видов растений (см. табл. 2).

В ботанических садах Санкт-Петербурга девять из культивируемых видов Красной книги РФ видов входят в категорию 1 – находящиеся в природе в критическом состоянии (по международным категориям IUCN соответствует статусу CR) – *Critically Endangered*): *Acer japonicum*, *Aristolochia manshuriensis*, *Euonymus nanus*, *Exochorda serratifolia*, *Magnolia hypoleuca*, *Parthenocissus tricuspidata*, *Pinus pallasiana*, *Schizophragma hydrangeoides*, *Tilia maximowicziana*. Именно этим видам нужно уделить первостепенное внимание – оценить их уровни адаптированности и принять меры к размножению, чтобы предотвратить от возможного случайного исчезновения из коллекции [3].

Как видно из таблицы 2, 19 видов (*Abies gracilis*, *Acer japonicum* и др.), не испытали воздействия очень холодных зим 1984/85 и 1986/87 гг., поскольку появились в коллекции позже. По остальным таксонам такие данные имеются. Очень мало видов (*Populus balsamifera*, *Picea glehnii*), которые никогда не обмерзают (это справедливо и для видов местной флоры). Практически не уступают им *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* и *Cotoneaster lucidus*. Не зафиксировано обмерзаний за весь период наблюдений у *Juniperus foetidissima*, *Juniperus sargentii*, *Larix olgensis* (лишь однажды слабое обмерзание молодых сеянцев), *Magnolia hypoleuca*, *Pinus densiflora*, однако эти виды не испытали воздействия зим 1984/85 и 1986/87 годов. Лишь однажды отмечено подмерзание *Juniperus rigida*. Очень зимостоек *Rhododendron schlippenbachii* – даже в аномально холодные зимы у него не было обмерзаний более половины длины годичного прироста и верхушечных почек (очень редко). Однако после теплых зим у него, как и у других видов, в последние годы зафиксированы случаи выпревания и гибели отдельных экземпляров. Зимостойкой можно считать и *Aristolochia manshuriensis*, несмотря на длительно растущие и ежегодно обмерзающие концы побегов. *Taxus cuspidata* считается зимостойким и перспективным для разведения видом в Санкт-Петербурге, что показал весь длительный опыт его разведения здесь. Однако у этого вида как в холодные, так и в теплые и нормальные годы может наблюдаться подмерзание и подгорание хвои и побегов (хотя при этом большая часть кроны остается без повреждений), что участилось в последние годы. Другой близкий вид, *Taxus baccata*, в нормальные зимы также устойчив, но он плохо реагирует на холодные зимы, в которые у него могут обмерзать скелетные ветви, вплоть до полного вымерзания.

Обращает на себя внимание заметно более сильное обмерзание ряда видов в очень холодные зимы по сравнению со всеми остальными. Зима 1986/87 г. сопровождалась опасным наводнением, значительная часть территории парка-дендрария БИН покрылась льдом, который не стаял до весны. Значительно различие в обмерзании двух экземпляров

заметно у *Microbiota decussata*, поскольку один из них попал в зону затопления и сильно пострадал, другой зимовал в более благоприятных условиях (балл обмерзания 2). Очень чувствительна к холодным зимам *Viburnum wrightii*: плодоносящие особи зимой 2005/06 г. обмерзли до корневой шейки, сильно пострадали они и зимой 2002/03 г., хотя в других случаях обмерзание могло вообще отсутствовать. В ту же зиму обмерзло почти полкроны 29-летнего экз. *Hydrangea petiolaris* на дендропитомнике. Следует иметь в виду, что продолжающееся потепление климата не исключает повторения аномально суровых зим в будущем. В нормальные зимы у большинства видов обмерзание отсутствует или не превышает 2 баллов (за исключением нескольких видов). Но ориентироваться только на нормальные (средние) зимы нельзя. Это может привести к не всегда адекватным выводам об уровнях адаптированности экзотов, поскольку именно критические зимы являются фактором отбора. В теплые зимы со слабыми морозами, особенно участившиеся в последние годы, у многих видов обмерзание вообще отсутствует. До сих пор этот эффект воспринимался как полезный, поскольку возрастание температур позволяет выращивать в нашем регионе в открытом грунте гораздо больше видов, чем ранее [3; 14]. Однако у *Betula schmidtii* после зимы 2006/07 г. засохли ветви, хотя в холодные и нормальные зимы обмерзание не превышало 2 баллов. Очевидно, что в этом случае имеет значение продолжительность глубокого покоя. Опыты по выгонке срезанных побегов, проведенные А.В. Волчанской в октябре – ноябре 2010 г., показали, что уже в это время года (подсезоны «Глубокой осени» и «Предзимья») береза Шмидта (как и другие дальневосточные виды) находится в состоянии вынужденного покоя и уязвима к повреждениям даже небольшими морозами, что и имело место в 2007 г., когда после необычно теплого декабря (среднемесячная температура воздуха +0,8 °С) и начала января наступило резкое похолодание [10]. В таблице 2 в группе из 7 видов, заметно реагирующих на теплые зимы начала XXI в., 6 (кроме *Cotoneaster alauicus*) являются представителями флоры Дальнего Востока. Теплые зимы являются «провокационными», вызывая преждевремен-

ный рост и развитие почек. Другие виды реагируют на отсутствие и периодическое стаивание снежного покрова в теплые зимы, что заметно на примере *Mircobiota decussata*. Это касается и местного вида *Myrica gale*: в Ботаническом саду БИН после зимы 2008/09 г. у него обмерзли побеги старше одного года, а после зимы 2006/07 г. наблюдалось обмерзание концов однолетних побегов. Еще одна проблема – гибель некоторых растений после теплых зим, что, очевидно, связано с их выпреванием и вымоканием. Так, в питомнике погибла одна особь *Oplopanax elatus* после зимы 2008/09 года. В 2010 г. в экспозиции парка БИН было заменено несколько старовозрастных кустов рододендронов, сопревших у шейки корня.

Такой реакции растений способствует и заметное увеличение количества осадков в последние десятилетия и годы. Очевидно, развивающееся потепление климата вызывает рост испарения с морской акватории, что приводит к увеличению облачности и атмосферных осадков на поверхности Земли [7], в том числе и на Северо-Западе России. Так, если за 1907–1931 гг. (период работы выдающегося интродуктора Э.Л. Вольфа) среднегодовое количество осадков здесь составляло 554 мм, то за период 1955–1984 гг. («норма климата» в Ленинграде в послевоенный период) оно было уже 615 мм, а в последнюю четверть XX в. годовое количество осадков выросло до 652 мм. Особенно возросло количество осадков в XXI в., за 2001–2009 гг. оно достигло 682 мм. За 2003 г. 842 мм – рекорд за весь период наблюдений (с 1740 г.). Увеличившееся количество осадков способствует поднятию уровня грунтовых вод, что неблагоприятно сказывается на древесных растениях. Особенно это заметно в парке-дендрарии БИН, территория которого расположена на острове в дельте р. Невы на высотах всего 2,5–3 м над уровнем моря. Кроме того, в последние годы наблюдалось несколько случаев снеголома у разных видов деревьев из-за обильных снегопадов и налипания мокрого снега.

Заключение

Таким образом, в условиях Санкт-Петербурга возможно культивировать все испытанные виды, которые включены в таблицу 2. Все они хотя и различаются по своей зимостойкос-

ти, но достаточно устойчивы, чтобы выращивать их в открытом грунте Санкт-Петербурга (нет таких, которые не могут переносить низкие зимние температуры воздуха). Однако их реакция на изменчивость теплообеспеченности различная. Можно выделить три основных группы видов: а) устойчивые при разных соотношениях биоклиматической ситуации как после холодных, так и после теплых зим (*Picea glehnii*); б) сильно реагирующие на периодически повторяющиеся холодные и очень холодные зимы (*Taxus baccata*): они могут хорошо расти в нормальные зимы, но сильно обмерзают и вымерзают в холодные; как крайний случай, некоторые из теплолюбивых видов можно выращивать лишь в промежутке между аномально суровыми зимами, этим объясняется небольшой возраст некоторых видов в культуре в ботанических садах Санкт-Петербурга, когда они неоднократно повторно вводятся в культуру; в) заметно реагирующие на потепление климата (*Prinsepia sinensis*) и участвовавшие в теплые зимы (случаи выпревания и вымокания, более сильных обмерзаний по сравнению с холодными зимами; более выраженная реакция на недостаток снежного покрова, на распространяющиеся болезни и вредителей). Многие виды, наоборот, в связи с возросшей теплообеспеченностью могут стать перспективными для городского озеленения. *Pterocarya pterocarpa* является хорошим тому примером, так как с 2000 г. она стала плодоносить, что в дальнейшем позволит выращивать ее из местных семян.

Выполненное исследование позволяет акцентировать внимание на критических биоклиматических ситуациях, которые могут быть различными для разных видов. С точки зрения сохранения редких видов *ex situ* надо стремиться продлить их жизнь, насколько это возможно; размножать и предохранять от случайного исчезновения из коллекции после очередной неблагоприятной зимы. Особое внимание необходимо уделять видам, находящимся в природных условиях в критическом состоянии. Тем более что потом природный материал повторно будет трудно или почти невозможно получить. Для ряда видов, с учетом продолжающегося потепления климата, нужно разрабатывать новые приемы агротехники и культуры. Особые требования должны быть к укрытию

растений на зиму, чтобы свести к минимуму риск от выпревания и вымокания. Для многих культур должны разрабатываться новые и более жесткие требования к почвенным условиям. Необходимо учитывать риск появления новых и более широкого распространения уже известных болезней и вредителей. Вероятно, что будут актуальны новые требования к уходу за растениями. Необходим более строгий контроль за видами, которые потенциально могут стать инвазионными.

Следует обратить внимание, что если раньше потепление климата в Санкт-Петербурге происходило в основном за счет холодной части года, то в начале XXI в. все более жаркими становятся летние сезоны. По шкале Карты зон летней устойчивости растений Американского общества садоводства (The AHS Plant Heat Zone Map), за основу которой принято число дней с максимальной температурой воздуха выше 30 °С [14], Санкт-Петербург попадает в одну из самых холодных, вторую зону (число таких дней от 1 до 7): $1,5 \pm 0,4$ сут за период 1950–2009 годов. При этом в очень многие годы дни с температурой выше 30 °С в Санкт-Петербурге вообще отсутствуют (1964, 1968, 1981–1983 и др.). В США, где разработана данная карта, уровень «жары» и жаркой погоды на значительной части территории избыточный. В Санкт-Петербурге, как и в целом на Северо-Западе России, он недостаточный. В отдельные годы с холодным летом здесь не вызревают плоды и семена даже таких видов местной флоры, как *Acer platanoides* L., и таких устойчивых экзотов, составляющих основу Календаря природы, как *Crataegus submollis* Sarg. В условиях климата второй половины XX в. здесь в основном не было проблем с избыточным теплом в вегетационный период (выделяется жаркое лето 1972 г., когда числе дней с максимальной температурой выше 30 °С достигло 19, а 8 июля 1972 г. был зарегистрирован абсолютный максимум температуры воздуха 33,6 °С). Но в последние годы наблюдается тенденция к увеличению числа жарких дней: 1999 г. был вторым после 1972 г., число дней с температурой выше 30 °С достигло 8. А в 2001–2009 гг. число таких дней составляет в среднем 2,0. Но в 2010 г. очень теплым был, прежде всего, летний период, жаркая погода в была очень продолжительной, первый день с такой температурой наступил 6 июля

(30,1 °С), и это продолжалось до 14 августа (31,5 °С), температура воздуха стала близкой к норме лишь после 17 августа. Число дней с максимальной температурой выше 30 °С достигло рекордной цифры за весь период наблюдений – 20 (что соответствует уже четвертой зоне по шкале AHS). Абсолютный максимум температуры воздуха июля 1972 г. (33,6 °С) был превзойден 5 раз: 33,7 °С (8 августа), 34,2 °С (4 августа), 34,5 °С (26 июля), 35,3 °С (28 июля) и, наконец, 7 августа 2010 г. дневная температура воздуха достигла рекордного значения за весь период наблюдений: 37,1 °С, что намного, на 3,5 °С, превышает прежний рекорд. Среднесуточная температура 8 августа также превысила 30 °С (30,1 °С), очень высокой была среднемесячная температура июля (24,4 °С). Таким образом, в ближайшие годы очень важно уделить внимание изучению жаростойкости растений, с которой тесно связана и их засухоустойчивость. На примере наших наблюдений во время Российско-финской ботанической экспедиции в августе – сентябре 2010 г. по Волгоградской области можно сказать, что в случаях с аномально высокой летней температурой воздуха резко возрастает горимость территорий и снижается устойчивость растений к пожарам. Этот фактор также может стать очень важным при интродукции древесных растений, прежде всего это относится к объектам в загородной среде. Такой вид, как *Larix olgensis* с толстой корой у основания ствола, можно считать устойчивым к пожарам (по крайней мере слабым низовым). В противоположность этому *Pinus pallasiana*, как и сосна обыкновенная, в условиях сухого жаркого лета юга России (в Волгоградской и соседних областях), каким было лето 2010 г., проявила себя как неустойчивая к верховым пожарам: сосняки выгорели полностью на больших пространствах. Неустойчивыми могут быть и меловые полукустарнички, выделяющие во время цветения много эфирных масел и образующие горючий материал в виде засыхающих ветвей верхней части кроны. Во время экспедиции в августе – сентябре 2010 г. в Нижнехоперский природный парк авторы статьи не смогли найти единственное местонахождение на территории парка вида Красной книги РФ *Lepidium meyeri* Claus (по устному сообщению профессора В.А. Сагалаева этот вид произрастает у родника в урочище «Белогорье», на ме-

ловых обнажениях на границе Нехаевского и Алексеевского районов): вся территория вокруг выгорела из-за недавнего пожара.

Очевидно, что в научных основах и принципах пополнения своих коллекций ботаническим садом Санкт-Петербурга следует руководствоваться новым вариантом Международной программы и Глобальной стратегией сохранения растений, утвержденной на Конгрессе в Дублине на период до 2020 года. Один из важнейших пунктов этой стратегии гласит о том, что примерно 75 % видов растений, находящихся под угрозой, должны быть к 2020 г. вовлечены в культуру и сохраняться *ex situ*, предпочтительно в стране происхождения (где они произрастают в природных условиях) и по крайней мере 20 % видов должны быть вовлечены в программы по восстановлению и реинтродукции.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ В статье приняты следующие сокращения: обл. – область; уч. – участок; экз. – экземпляр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бедрицкий, А. И. 170 лет на службе государству и обществу / А. И. Бедрицкий // Использование и охрана природных ресурсов в России : бюллетень. – 2004. – № 2. – С. 96–101.
- Булыгин, Н. Е. Биологические основы дендрофенологии / Н. Е. Булыгин. – Л. : ЛТА, 1982. – 80 с.
- Волчанская, А. В. Особенности сохранения в ботанических коллекциях Санкт-Петербурга редких и исчезающих видов дендрофлоры России / А. В. Волчанская, И. В. Фадеева, Г. А. Фирсов // Дендрология в начале XXI века : сб. материалов Междунар. науч. чтений памяти Э.Л. Вольфа, 6–7 окт. 2010 г., С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. им. С.М. Кирова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 46–50.
- Голубятников, Л. Л. Влияние климатических изменений на продуктивность растительного покрова Европейской России / Л. Л. Голубятников, Е. А. Денисенко // Использование и охрана природных ресурсов в России : бюллетень. – 2004. – № 1. – С. 78–85.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / гл. редкол.: Ю. П. Трутнев [и др.]; сост. Р. В. Камелин [и др.]. – М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2008. – 855 с.
- Лапин, П. И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции / П. И. Лапин // Бюл. Глав. ботан. сада. – 1967. – Вып. 65. – С. 13–18.
- Маняхина, Л. Г. Мировой океан и климат Земли / Л. Г. Маняхина // Использование и охрана природных ресурсов в России : бюллетень. – 2004. – № 1. – С. 50–55.
- Угрюмов, А. И. Современные изменения климата Санкт-Петербурга и колебания циркуляции атмосферы / А. И. Угрюмов, Н. В. Харькова // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 1. – С. 24–30.
- Фадеева, И. В. Индикационное значение дендрофенологического ряда зацветания *Alnus incana* в феностационаре Санкт-Петербургской лесотехнической академии / И. В. Фадеева, Г. А. Фирсов // Дендрология в начале XXI века : сб. материалов Междунар. науч. чтений памяти Э.Л. Вольфа, 6–7 окт. 2010 г., С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. им. С.М. Кирова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 210–214.
- Фирсов, Г. А. Влияние метеофенологической аномалии зимы 2006/07 года на древесные растения в Санкт-Петербурге / Г. А. Фирсов, И. В. Фадеева, А. В. Волчанская // Лесной Вестник. – 2008. – № 6. – С. 22–27.
- Фирсов, Г. А. Влияние суровых зим XX века на интродуцированную и аборигенную дендрофлору Санкт-Петербурга на примере хвойных пород / Г. А. Фирсов, И. В. Фадеева // Научное обозрение. – 2009. – № 2. – С. 3–13.
- Фирсов, Г. А. Критические зимы в Санкт-Петербурге и их влияние на интродуцированную и местную дендрофлору / Г. А. Фирсов, И. В. Фадеева // Известия СПбЛТА. – 2009. – Вып. 188. – С. 100–110.
- Anderson, G. A review of the effect of climate change in Ireland and the development of an institutional policy and role of the institution, in its mitigation / G. Anderson, P. Wyse Jackson // Eurogard V. Botanic Gardens in the Age of climate change. Programme, Abstracts and Delegates. – EsaPrint. – P. 36.
- Grimshaw, J. New Trees: Recent Introductions to Cultivation / J. Grimshaw, R. Bayton // The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew and The International Dendrology Society. – 2009. – 976 p.
- International Agenda for Botanic Gardens in Conservation. – 2nd ed. – Electronic text data. – P. 1–64. – Mode of access: www.bgci.org/resources/news/0730/. – Title from screen.
- Oldfield, S. Plant conservation, botanic gardens and the International Agenda / S. Oldfield // Proceedings of the 4th Global Botanic Gardens Congress. – Electronic text data. – P. 1–6. – Mode of access: www.bgci.org/resources/FourthGlobalBotanicGardensCongress. – Title from screen.

LEVELS OF ADAPTATION OF WOODY SPECIES OF RED DATA BOOK OF RUSSIA IN ST.-PETERSBURG IN THE AGE OF CLIMATE CHANGE

G.A.Firsov, A.V. Volchanskaya, I.V. Fadeyeva

The article shows the results of observations of rare species of dendroflora. In conditions of the changing of the climate at Saint-Petersburg there are more cases when previously hardy species become to be rotten or damaged by frosts because of the early developed spring growth. In the future the steadiness to summer heat and to fires may be of importance. The significance of long uninterrupted rows of phenological observations has been increasing. Taking in mind the warming of the climate new methods of agrotechnics should be elaborated.

Key words: threatened species, introduction, winter hardiness, climate.