



УДК 543.8:577.49:578.0.87

ВЛИЯНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ НА ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Фирсов Геннадий Афанасьевич

Кандидат биологических наук,
Куратор парка-дендрария и дендропитомника,
Старший научный сотрудник Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН
gennady_firsov@mail.ru
ул. проф. Попова, 2, 197376, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Фадеева Инна Вадимовна

Кандидат биологических наук, консультант,
Русское географическое общество
butvik@mail.ru
пер. Гривцова, 10а, 190000, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. На основе многолетних (1955–2009 гг.) фенологических наблюдений за дендрофеноиндикаторами и метеоданных по метеостанции Санкт-Петербург выделены ранне-теплые и поздне-холодные биоклиматические циклы (далее – БКЦ). Приводятся сравнительные биоклиматические показатели ранне-теплых и поздне-холодных БКЦ. Проанализированы сравнительные показатели ритма развития древесных растений в разные БКЦ. В начале XXI в. доминируют ранне-теплые БКЦ. При оценке результатов интродукции следует учитывать состояние растений в поздне-холодные циклы, а семенное размножение лучше проводить в ранне-теплые циклы. Если раньше ранне-теплые циклы всегда рассматривались как благоприятные для роста и развития древесных растений, то в начале XXI в. на фоне продолжающегося потепления климата в ранне-теплые годы у ряда видов интродуцентов стали наблюдаться случаи более сильного обмерзания, участились случаи выпревания и вымокания ряда видов деревьев и кустарников, которые ранее считались устойчивыми. В современных условиях возрастает значение фенологических исследований и особенно длительных непрерывных рядов наблюдений за дендрофеноиндикаторами.

Ключевые слова: биоклиматическая цикличность, дендрофлора, Санкт-Петербург.

© Фирсов Г.А., Фадеева И.В., 2014

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет (далее – ЛТУ) является признанным фенологическим стационаром [16], и здесь накоплены самые длинные в России ряды непрерывных фенологических наблюдений [3; 10]. Здесь в течение нескольких десятилетий второй половины XX в. проводил свои исследования в области динамики сезонного развития древесных рас-

тений профессор Н.Е. Булыгин. Он ввел термин «биоклиматическая цикличность» [1], понимая под ним циклическую изменчивость показателей роста и развития древесных растений, обусловленную реакцией на короткопериодные колебания климата. Исследования показали, что уровни адаптированности интродуцентов и результаты оценки их перспективности для разведения в значительной степени

зависят от типа биоклиматического цикла (далее – БКЦ), в который проводятся испытания [4; 5]. Основанием для отнесения каждого года к тому или иному биоклиматическому циклу служат статистики ряда распределения фенодат зацветания *Alnus incana* (L.) Moench (ольхи серой) в парке Ботанического сада ЛГУ. Даты начала пыления тычиночных цветков ольхи серой служат универсальным индикатором наступления каждого из этих БКЦ. Со сроками наступлением этого феноиндикатора календаря природы территориально-феноиндикационной системы Ладого-Ильменского дендрофлористического района [2] тесно коррелируют такие биоклиматические показатели, как динамика наступления и продолжительность многих феноэтапов года, динамика наступления и длительность безморозного периода, суммарная теплообеспеченность теплой и холодной частей года, среднегодовая температура воздуха. Кроме того, по датам начала пыления ольхи серой судят о начале фенологического вегетационного периода в данном ландшафте и о наступлении подсезона года «Оживление весны» [11]. Именно биоклиматическая цикличность обуславливает повторяемость погодичных био-метеорологических ситуаций разных типов от благоприятных до критических по влиянию на интродуценты. В конечном итоге определяется временная амплитуда изменчивости зимостойкости древесных растений и других показателей уровня их адаптированности. Особенно сильно ее воздействие на показатели адаптированности интродуцентов недостаточно устойчивых к новым экологическим условиям. Под влиянием цикличности у растений изменяется их зимостойкость и устойчивость к неблагоприятным воздействиям других факторов внешней среды, ход роста, побегопроизводительность, вызревание побегов, репродуктивная способность. Поэтому в практике интродукционных испытаний, проводимых в С.-Петербурге в ботанических садах Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН) и ЛГУ, в последние десятилетия показатели адаптированности древесных интродуцентов оцениваются через показатели биоклиматической цикличности по трем обусловленным ею уровням биоклиматической ситуации: типичной для подзоны южной тайги; благопри-

ятной (с повышенной теплообеспеченностью холодных и теплых сезонов года) и неблагоприятной. Наиболее отчетливо биоклиматическая изменчивость выражается при сопоставлении двух альтернативных биоклиматических циклов – ранне-теплого (далее – РТ) и поздне-холодного (далее – ПХ). Проявление цикличности (которая существовала, очевидно, всегда, при любом климате), сейчас происходит на фоне климатической тенденции в направлении его потепления. Фенологически ранние и поздние циклы выделяют, исходя из средне многолетней даты начала пыления ольхи с учетом основной ошибки этой фенодаты ($X \pm m$). БКЦ считается ранним при $x_i < X - 3m$, поздним – в случае $x_i > X + 3m$, где x_i – погодичная фенодата начала пыления ольхи. То есть, выделение БКЦ осуществляется в доверительном интервале $P=0,99$ [7]. В условиях современного потепления климата, по сравнению со второй половиной XIX – началом XX века, когда он был достоверно холоднее [17 и др.], среди древесных интродуцентов в С.-Петербурге заметно сократилось число вымерзающих видов и форм, возросло число видов вообще не обмерзающих и, как следствие, увеличилось число видов плодоносящих и образующих всхожие семена. Тем не менее, на фоне четко выраженной вековой тенденции к продолжающемуся потеплению, имеет место чередование ранне-теплых и поздне-холодных биоклиматических циклов или отдельных лет, в которые одни и те же модельные особи древесных растений обнаруживают совершенно различные показатели фенологического биоритма, уровней адаптированности и репродуктивной способности. Более детально рассмотрению этих процессов за период с 1955 по 2009 гг. и посвящена настоящая статья.

Этот временной ряд охватывает период наблюдений Н.Е. Булыгина с 1955 г. до 2002 года. Кроме более подробного анализа биоклиматической цикличности за вторую половину XX в., большой интерес представляет то, как она проявляется в Санкт-Петербурге в первое десятилетие XXI века. Средняя дата зацветания ольхи серой за 1955–2009 гг. ($n=55$): $X=11.04 \pm 1,6$ сут. Отсюда, при $P=0,99$, год принимается ранним, если $x_i \leq 5,04$, и поздним в случае $x_i \geq 17,04$ (а нормой, соответ-

ственно, будут значения в пределах от 6 до 16 апреля включительно). Оказалось, что ранне-теплые биоклиматические циклы включают: 1961 (1 год), 1967 (1 год), 1972–1975 (4 года), 1983–1984 (2 года), 1988–1993 (6 лет), 1995 (1 год), 1999–2002 (4 года), 2007–2008 (2 года). Всего 24 года. Сюда входят 19 лет с зацветанием ольхи серой до 6 апреля, а также приравненные к ним 4 года по своей фенологической тенденции. Поздне-холодные БКЦ: 1955–1958 (4 года), 1962–1966 (5 лет), 1968–1971 (4 года), 1976–1982 (7 лет), 1985–1987 (3 года), 1998 (1 год), 2003 (1 год), 2006 (1 год) – всего 26 лет. К поздне-холодным относятся 20 лет с зацветанием ольхи позже 16 апреля, а также приравненные к ним 6 лет.

Этот период начался с поздне-холодного цикла, который длился 4 года. Зима 1954–1955 гг. была холодной, сумма среднесуточных температур в ту зиму составила -781° , что при среднем значении $X = -660^{\circ} \pm 39^{\circ}$ при доверительном уровне $P=0,99$ позволяет отнести ее к категории холодных (нормальное значение $-777^{\circ} \dots -542^{\circ}$). Очень холодной была первая половина вегетационного сезона 1955 г. (по июль включительно). Это единственный год за 1955–2009 гг., когда среднемесячная температура апреля была отрицательной ($-0,8^{\circ}$). На $3,7^{\circ}$ ниже нормы был май, на $2,7^{\circ}$ – июнь. Все весенне-летние феноэтапы в 1955 г. шли с большим опозданием, от 34 сут. в «предвесенье» до 16 сут. на первом этапе «разгара весны». Созревание плодов рябины обыкновенной как индикатора последнего из летних феноэтапов наступило на 18 сут. позже среднелетних значений, 24 августа, что близко к рекордно поздним за весь период наблюдений. Последовавшая за этим зима 1955–1956 гг. была одной из самых холодных и неблагоприятных для древесных растений за весь период наблюдений. По сумме температур (-1401°), зима 1955–1956 гг. относится к категории очень холодных. Этой зиме уделено внимание в литературе [13 и др.]. Все без исключения весенние и летние феноэтапы последующего сезона 1956 г., а также сезонов 1957 и 1958 гг. наступали в достоверно поздние сроки. Таким образом, это было мощное похолодание, особенно заметное в сравнении с предшествующим потеплением 1930-х годов. Данный цикл закончился в 1959 году. Зима

1958–1959 гг. была теплой. Все феноэтапы, со второго этапа «оживления весны» по второй этап «спада лета» включительно весной и летом 1959 г. наступили в достоверно ранние сроки. В 1959 и 1960 гг. ольха зацвела в средние сроки, поэтому эти два года не были ни ранне-теплыми, ни поздне-холодными.

Зато 1961 г. был очень теплым. Этот цикл состоял из одного года. Зима 1960–1961 гг. была одной из самых теплых за весь период наблюдений (-204°). Среднемесячная температура февраля составила лишь $-0,5^{\circ}$, намного теплее нормы были декабрь 1960 г. ($0,0^{\circ}$), январь ($-2,8^{\circ}$), февраль ($-0,5^{\circ}$) и март 1961 г. ($-0,2^{\circ}$). Ольха серая в 1961 г. зацвела на 25 сут. раньше обычного (17 марта), что близко к рекордным срокам за весь период наблюдений (12 марта 1989 г.).

Сменивший его поздне-холодный 5-летний цикл 1962–1966 г. был значительной отрицательной аномалией, хотя и менее сильной, чем 4-х летие 1955–1958 годов. В 1962 г. ольха зацвела 16 апреля (на границе между средними и поздними сроками). Весна и лето были холодными, март 1962 г. оказался на $4,4^{\circ}$ холоднее нормы, июнь – на $3,3^{\circ}$ холоднее. Посвоей фенологической тенденции год был несомненно холодным – все феноэтапы с «предвесенья» до второго этапа «спада лета» наступали в достоверно поздние сроки. Очень холодные зимы 1962–1963 и 1965–1966 гг. (-1205° и -1199° соответственно) вызвали сильные повреждения древесных экзотов отрицательной температурой воздуха [15].

В 1967 г. ольха зацвела в ранние сроки (5 апреля). Температура в марте была положительной ($1,7^{\circ}$), что на $3,9^{\circ}$ выше нормы. Теплыми были месяцы с августа по ноябрь включительно. Феноэтапы года наступали в ранние или средние сроки. В этот ранне-теплый цикл, состоящий из одного года, метео- и феноаномалии были не так сильно выражены, как в 1961 году.

4-х летие 1968–1971 гг. было поздне-холодным. В 1968 и 1970 гг. ольха зацвела в средние сроки, но по своей фенологической тенденции их можно приравнять к поздне-холодным. Первые три зимы были холодными, а зима 1970–1971 гг. – нормальной.

Довольно мощным было потепление в цикл 1972–1975 годов. В 1972 и 1974 гг. ольха

зацвела в средние сроки, поэтому эти годы приравнены к ранне-теплым по своей фенологической тенденции. Лето 1972 г. было самым жарким в XX в., когда число дней с максимальной температурой выше 30° достигло 19, а 8 июля 1972 г. был зарегистрирован абсолютный максимум температуры воздуха 33,6°. Очень теплым был 1975 год. В этот год все без исключения феноэтапы наступали с большим опережением, весна наступила на 14 сут. раньше обычного, и на последнем феноэтапе лета это значительное опережение сохранялось (11 сут.).

Этот цикл резко сменился аномально холодным летним сезоном 1976 г., когда не вызрели плоды даже основных индикаторов календаря природы – дуба черешчатого, клена остролистного и боярышника мягковатого. Этот поздне-холодный цикл был самым длительным и продолжался 7 лет. 1977 и 1981 гг. приравнены к годам ПХ по своей фенологической тенденции, в остальные годы ольха зацвела в достоверно поздние сроки. На этот период пришлась холодная зима 1978–1979 гг., когда мощное понижение температуры в конце декабря вызвало массовые повреждения древесных растений.

После этого наступил ранне-теплый цикл 1983–1984 гг., состоящий из двух лет. В 1983 г. ольха зацвела в достоверно ранние сроки (3 апреля). Все феноэтапы со второго этапа «снеготаяния» по второй этап «спада лета» включительно наступили рано, с большим опережением. 1984 г. приравнен к таковым по своей фенологической тенденции.

Последняя мощная холодная аномалия была в трехлетие 1985–1988 годов. В 1986 г. ольха зацвела в нормальные сроки (11 апреля), но этот год попал между двумя аномально-холодными зимами 1984–1985 и 1986–1987 гг. и приравнен к поздне-холодному циклу. Что касается зимы 1984–1985 г., то ее последствия и воздействие на древесные интродуценты (на примере хвойных пород) описаны в статье В.Н. Комаровой и др. [8]. Хотя она была неблагоприятной для растений, но все же не вызвала таких катастрофических последствий, как случившаяся через два года после этого зима 1986–1987 годов. Зимой 1984–1985 гг. был зафиксирован самый холодный февраль за последние 30 лет того време-

ни (-14,8°), низкой была и среднемесячная температура января (-13,7°). Низкие температуры воздуха в течение двух зимних месяцев и небольшое количество осадков способствовали сильному промерзанию почвы. Это привело к значительным повреждениям различных видов хвойных, которые до этого в предыдущие обычные зимы практически не обмерзали. Зима 1986–1987 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°, держалась в течение 4 сут., а минимальная температура 10 января 1987 г. (-34,7°) – самая холодная во второй половине XX в. и близка к рекордной за весь период наблюдений (17 января 1940 г. -35,6°). Она была одной из самых суровых по своему воздействию на древесные растения и вызвала массовые обмерзания и гибель растений в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Лето 1987 г. было также холодным, особенно холодными были апрель, август и сентябрь. В Ленинградской области местами под снег ушла невызревшая клюква, не вызрели плоды многих видов интродуцентов [14].

Зима 1987–1988 гг. была нормальной (-558°). Заметное потепление началось с начала лета 1988 года. Намного теплее нормы были май, июнь и июль 1988 года. Следующий 1989 г. был самым теплым за весь период наблюдений (7,6°). Дата зацветания ольхи 12 марта в 1989 г. – рекордно ранняя. Метео- и феноаномалии 1989 и 1990 гг. были очень мощными [9]. Этот ранне-теплый цикл продолжался по 1993 г., и это было началом потепления современного климата.

Зима 1993–1994 гг. была холодной (-780°), и ольха после этого в 1994 г. зацвела в нормальные сроки. Ранне-теплым был следующий, 1995 г. – дата зацветания ольхи – 28 марта, на 14 сут. раньше нормы. Температура марта 1995 г. была положительной (1,1°), жарким был июнь – на 3,5° выше нормы. Почти все феноэтапы в 1995 г. наступили в достоверно ранние сроки.

Поздне-холодным был 1998 г. (ольха зацвела 19 апреля). После чего он сменился ран-

не-теплым 4-летним циклом 1999–2002 годов. Следует отметить, что теплая зима 2001–2002 гг. неблагоприятно сказалась на многих древесных растениях, включая виды местной флоры.

Поздне-холодными были 2003 и 2006 годы. Зимой 2002–2003 гг. самым холодным был январь ($-9,5^{\circ}$), а в 2005–2006 гг. – февраль ($-10,7^{\circ}$), однако на довольно высоком фоне среднегодовой температуры воздуха ($5,6^{\circ}$ и $6,4^{\circ}$ соответственно, что намного превышает среднегодовые значения второй половины XX в.). После холодных зим 2002–2003 и 2005–2006 гг. наблюдались значительные повреждения древесных растений, однако далеко не такие сильные, как после самых холодных зим предыдущего столетия.

Годы 2007 и 2008 относятся к двухлетнему ранне-теплому циклу. При этом на фоне продолжающегося потепления климата зима 2006–2007 гг. была рекордно короткой (всего 41 день). В 2006 г. минимальная температура опустилась ниже 0° лишь 29 октября. После незначительного похолодания в ноябре проследовало потепление, и до 18 декабря наблюдалась положительная среднесуточная температура воздуха. Устойчивый переход через 0°C наступил лишь 20 января 2007 года. Следующая за ней зима 2007–2008 гг. была самой теплой за весь период наблюдений, сумма отрицательных температур составила лишь -82° .

Если сравнить термический режим ранне-теплых (РТ) и поздне-холодных (ПХ) циклов (по данным метеостанции Санкт-Петербург Санкт-Петербургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями), то оказывается, что в обоих случаях (РТ и ПХ) наблюдается высокая корреляция со временем наступления и продолжительностью вегетационного сезона. Это обусловлено самим принципом выделения БКЦ, основанным на отклонении в сроках зацветания ольхи серой от нормы. Очевидно, что благоприятным для растений является более продолжительный период вегетации, наблюдающийся в ранне-теплые циклы. Удлинение вегетационного сезона происходит как за счет более раннего его начала (на 25 дней раньше наступает подсезон «оживление весны»), так и за счет менее значитель-

ного (в 5 дней) сдвига в сроках наступления феноэтапа «глубокая осень», отражающего сроки конца вегетации в геосистеме. Среднемесячная температура у РТ и ПХ лет достоверно различается с января по август, наибольшее различие – с января по апрель. В поздне-холодные циклы на $4,5^{\circ}$ холоднее январь; на $5,6^{\circ}$ – февраль, на $4,6^{\circ}$ – март и на $2,8^{\circ}$ – апрель. Среднегодовая температура воздуха в ранне-теплые циклы выше на 2° , чем в поздне-холодные, что существенно влияет на продолжительность вегетационного сезона в геосистеме. Абсолютный минимум температуры воздуха в РТ циклы $-27,7^{\circ}$ (1999 г.), а в поздне-холодные – на $7,5^{\circ}$ ниже ($-35,2^{\circ}$ в 1956 г.), что резко сказывается на обмерзании растений. Основой при выделении зон устойчивости древесных видов является среднее значение абсолютных минимумов температуры воздуха. В ПХ циклы это значение $-27,7^{\circ}\pm 0,7^{\circ}$, а в ранне-теплые температурный уровень повышается на $6,6^{\circ}$, до $-21,1^{\circ}\pm 0,7^{\circ}$, что соответствует перемещению Санкт-Петербурга из пятой в шестую зону зимней устойчивости древесных растений [12]. Аномально-холодные зимы встречались только в поздне-холодные циклы, а случаи раннего зацветания ольхи серой после холодных зим наблюдались за исследуемый период лишь дважды.

Весь опыт разведения древесных растений в Санкт-Петербурге на протяжении трех веков показывает, что здесь основным фактором их выживания являются аномально суровые, или критические зимы. После нормальных и теплых зим у большинства видов деревьев и кустарников, культивируемых в ботанических садах Санкт-Петербурга, обмерзания отсутствуют или не превышают концов годичных побегов. Если последствия теплых зим до последнего времени сказывались в основном на цветении и плодоношении, то после аномально суровых зим, как правило, наблюдается массовая гибель многих видов или сильные обмерзания скелетных ветвей [13; 15]. Все такие зимы за период 1955–2009 гг. приурочены к поздне-холодным биоклиматическим циклам. Небольшой возраст многих деревьев и кустарников, выращиваемых в ботанических садах Санкт-Петербурга, есть результат того, что эти виды неоднократно вводились в культуру в раз-

ные периоды времени, и даже могли цвести и плодоносить, но через некоторое время погибали после суровых зим. Многие теплолюбивые экзоты могут существовать здесь только в промежутке между аномально суровыми зимами. В некоторых случаях культура таких растений оправдана. Но для уличного озеленения и массового разведения пригодны лишь наиболее зимостойкие деревья и кустарники. Вот почему особую научную ценность имеет многолетний мониторинг древесных растений в ботанических садах в годы с разной метеорологической ситуацией и в разные биоклиматические циклы. С потеплением климата за последние десятилетия повторяемость критических зим уменьшается, и после последней такой зимы 1986–1987 г. подобных зим в Санкт-Петербурге не повторялось, хотя это не исключает вероятности их наступления в будущем.

В XXI в. годы 2001, 2002, 2007 и 2008 относятся к ранне-теплым, а к поздне-холодным – только 2003 и 2006 годы. Таким образом, доминируют ранне-теплые биоклиматические циклы. Вместе с тем, на фоне потепления, которое сопровождается заметным увеличением количества осадков, в ранне-теплые годы, когда повреждения отрицательной температурой воздуха побегов сводятся к минимуму, участились случаи корневых гнилей, повреждения камбия у корневой шейки или на уровне снежного покрова. Чувствительны к этому ксерофитные виды, представители флоры степей (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova), растения-псаммофиты, растущие на песках (*Genista tinctoria* L.) и на мелах (*Astragalus albicaulis* DC.), виды горных местообитаний, которые в природных условиях растут на каменистой почве и в культуре требуют хорошего дренажа (*Oplonanax elatus* (Nakai) Nakai). В зимние месяцы увеличение количества твердых осадков с одной стороны благоприятно, так как увеличение высоты снежного покрова способствует лучшей перезимовке низкорослых растений, которые могут переносить самые сильные морозы под его защитой. С другой стороны, в последние годы участились случаи снеголома после налипания мокрого снега при обильном снегопаде в оттепели. Для Ботанического сада БИН, который находится на острове в дельте Невы, всего на 2–3 м над уровнем

морья, опасно поднятие уровня грунтовых вод, что имеет место весной при таянии большого количества снега, многие виды деревьев и кустарников к этому чувствительны.

Надо иметь в виду, что в связи с продолжающимся потеплением климата метеохарактеристика ранне-теплых и поздне-холодных биоклиматических циклов меняется. Садовник Императорского Лесного института Э.Л. Вольф, который создал основы современной дендрокolleкции ЛТУ, начал там свою работу в 1886 г., а в 1917 г. он опубликовал работу по морозостойкости около 3350 древесных пород, испытанных им на тот период времени [6]. Именно на данных Вольфа до недавнего времени основывались представления о зимостойкости древесных растений на Северо-Западе России. Вольф испытал наибольшее число видов и форм древесных растений в истории их интродукции в Санкт-Петербурге. Если проанализировать ряд зацветания ольхи серой за 30-летие 1887–1916 годов. (период исследований Э.Л. Вольфа), то средняя дата начала пыления мужских сережек равна 19 апреля $\pm 1,3$ сут. Таким образом, к ранним циклам относятся годы с зацветанием ольхи серой до 15 апреля, а к поздним – годы с зацветанием ольхи позднее 23 апреля.

Оказывается, что ранне-теплые годы во времена Вольфа заметно отличаются от современных. То же самое относится и к поздне-холодным годам. Сейчас средняя дата зацветания ольхи в годы РТ сместилась с 8 апреля на 28 марта, то есть, на 11 сут. То же в годы ПХ – с 27 на 22 апреля (5 сут.). Превышение среднемесячных температур в годы РТ в современный период достигает $2,4^\circ$ в январе, $1,7^\circ$ в феврале, $1,9^\circ$ в марте (при этом температура воздуха в марте в годы РТ сейчас положительная). В летние месяцы она несколько сглаживается, достигая разницы $1,9^\circ$ в августе. Ноябрь даже в ранне-теплые годы во времена Э.Л. Вольфа был с отрицательной температурой воздуха. В поздне-холодные годы особенно заметно различие в апреле ($1,6^\circ$), мае ($2,8^\circ$), июне ($1,5^\circ$). На $1,2^\circ$ отличается среднегодовая температура в период Вольфа и сейчас ($5,1^\circ$ и $6,3^\circ$ соответственно) – это означает заметное удлинение вегетационного сезона (более двух недель). Такое же различие и в поздне-холодные годы ($4,3^\circ$ и $3,1^\circ$ соответственно). Такие

изменения в параметрах температуры не могли не сказаться на адаптации древесных растений и на результатах интродукционных испытаний. Целый ряд видов, которые у Вольфа вымерзли в первую зиму и были им отнесены к V группе зимостойкости по разработанной им шкале (*Acer japonicum* Thunb., *A. palmatum* Thunb. и др.), сейчас длительный период времени выращиваются в открытом грунте. Многие из них цветут, плодоносят и выращиваются из местных семян.

Таким образом, во второй половине XX в. – начале XXI в. на фоне тенденции к потеплению климата в северо-западном регионе России периодически повторялись годы статистически достоверных потеплений и похолоданий. Древесные интродуценты по-разному реагируют на проявление биоклиматической цикличности. В крайнем выражении можно назвать значительную группу интродуцентов-мезотермов, которые в циклы с благоприятной биоклиматической ситуацией (далее – БКС) перестают обмерзать, начинают устойчиво плодоносить и давать доброкачественные семена. В XX в. благоприятной биоклиматической ситуацией считались ранне-теплые годы, а неблагоприятной – поздне-холодные. Однако в ранне-теплые биоклиматические циклы начала третьего тысячелетия стали наблюдаться случаи выпревания и вымокания растений. В перспективе это может привести к пересмотру ассортимента городских зеленых насаждений Санкт-Петербурга. На объективную оценку результатов интродукционных испытаний растений можно рассчитывать с обязательным учетом их состояния в поздне-холодные циклы. А семенное размножение лучше проводить в ранне-теплые циклы.

Исследования подтвердили решающее влияние на темпы сезонного развития растений именно термического фактора, по крайней мере, в условиях достаточной влагообеспеченности. Известные в настоящее время фенологические циклы разной продолжительности есть проявления в сезонной ритмике древесных растений соответствующих короткопериодных колебаний, прежде всего температурного режима. До сих пор ранне-теплые годы рассматривались в качестве благоприятной биоклиматической ситуации. Однако, если потепление климата будет продолжаться такими же темпами, как предсказывают

эксперты *IPCC* и ведущие климатологи разных стран, то ситуация может измениться и оптимальными для роста и развития древесных растений станут, наоборот, поздне-холодные годы, поэтому сейчас резко возрастает роль фенологических наблюдений и значение непрерывных рядов дендрофеноиндикаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгин, Н. Е. Биоклиматическая цикличность и зимостойкость древесных интродуцентов / Н.Е. Булыгин // Докл. VIII дендр. конгр. соц. стран. Тбилиси, 1982а. – С. 219.
2. Булыгин, Н. Е. Биологические основы дендрофенологии / Н.Е. Булыгин. – Л. : Изд-во ЛТА, 1982б. – 80 с.
3. Булыгин, Н. Е. Полтора века фенологического мониторинга в Лесном / Н.Е. Булыгин // Изв. Санкт-Петербургской лесотехн. акад. – Вып. 4 (162). – СПб., 1996. – С. 166–175.
4. Булыгин, Н. Е. Биоклиматическая цикличность как фактор хронологической изменчивости показателей адаптации древесных интродуцентов / Н. Е. Булыгин // Докл. На II-м (X) делегатск. съезде РБО. – СПб, 1998. – Т. 2. – С. 277–278.
5. Булыгин, Н. Е. Биоклиматическая цикличность и адаптация древесных растений муссонного климата при интродукции их на Северо-Запад России / Н. Е. Булыгин, Г. А. Фирсов // Матер. между. конф., посв. 50-летию Ботан. сада – ин-та ДВО РАН. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – С. 157–160.
6. Вольф, Э. Л. Наблюдения над морозостойкостью деревянистых растений / Э. Л. Вольф // Тр. бюро по прикл. бот. Петроград, 1917. – Т. 10. – № 1. – С. 1–146.
7. Зайцев, Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М. : Наука, 1984. – 424 с.
8. Комарова, В. Н. Зимостойкость хвойных интродуцентов в условиях суровой зимы 1984/85 г. / В. Н. Комарова, Г. А. Фирсов, Н. Е. Булыгин, Н. В. Ловелиус // Бюл. Глав. ботан. сада. – Вып. 147. – 1988. – С. 8–13.
9. Комарова, В. Н. Реакция древесных растений Санкт-Петербурга на метеоаномалии 1989 и 1990 гг. / Н. В. Комарова, Г. А. Фирсов // Бюлл. Глав. ботан. сада. – Вып. 172. – 1995. – С. 8–10.
10. Фадеева, И. В. Биоклиматическая цикличность в Санкт-Петербурге в конце XX в. и ее влияние на интродуцированную и местную дендрофлору / И. В. Фадеева, Г. А. Фирсов, Н. Е. Булыгин // Бот. журн. – 2009. – Т. 94. – № 9. – С. 1351–1358.
11. Фадеева, И. В. Индикационное значение дендрофенологического ряда зацветания *Alnus*

incana в феностанции Санкт-Петербургской лесотехнической академии / И. В. Фадеева, Г. А. Фирсов // Дендрология в начале XXI века. Сб. матер. Межд. науч. чтений памяти Э.Л. Вольфа, 6–7 октября 2010 года, Санкт-Петербургская гос. лесотехн. акад. им. С.М. Кирова. – СПб.с: Изд-во Политехн. ун-та. – 2010. – С. 210–214.

12. Фирсов, Г. А. К проблеме дендрологического районирования территории Северо-Запада России / Г. А. Фирсов // Бюлл. Глав. Ботан. сада. – Вып. 185. – 2003. – С. 3–8.

13. 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. – № 2. – 2009а. – С. 3–13.

14. Фирсов, Г. А. Аномально-суровая зима 1986–87 гг. и зимостойкость древесных растений в Санкт-Петербурге / Г. А. Фирсов, И. В. Фадеева // Научное обозрение. – № 3. – 2009б. – С. 8–19.

15. Фирсов, Г. А. Критические зимы в Санкт-Петербурге и их влияние на интродуцированную и местную дендрофлору / Г. А. Фирсов, И. В. Фадеева // Изв. Санкт-Петербургской лесотехн. акад. – Вып. 188. – СПб. – 2009в. – С. 100–110.

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

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

REFERENCES

1. Bulygin N.E. Bioklimaticheskaya tsiklichnost i zimostoykost drevesnykh introdutsentov [The Bioclimatic Cyclicity and Winter Hardiness of Arboreal Exotic Plants]. *Dokl. VIII dendr. kongr. sots. stran.* [The Reports by the 8th Congress of Socialistic Countries on Arboreal Plants Issues]. Tbilisi, 1982a. 219 p.

2. Bulygin N.E. *Bioklimaticheskie osnovy dendrofenologii* [The Bioclimatic Bases of Arboreal Plants Phenology]. Leningrad, Izd-vo LTA, 1982b. 80 p.

3. Bulygin N.E. Poltora veka fenologicheskogo monitoringa v Lesnom [One and Half Century of Phenological Monitoring at Lesnoe]. *Izv. Sankt-Peterburgskoy lesotekh. Akad.*, Saint Petersburg, 1996, iss. 4 (162), pp. 166–175.

4. Bulygin N.E. Bioklimaticheskaya tsiklichnost kak factor khronologicheskoy izmenchivosti

pokazateley adaptatsii drevesnykh introdutsentov [The Bioclimatic Cyclicity as a Factor of Chronological Changeability of Adaptation of Arboreal Exotic Plants]. *Dokl. na II-m (X) delegatsk. syezde RBO* [The Reports by the 2nd (X) Delegates Congress of RBO]. Saint Petersburg, 1998, vol. 2, pp. 277–278.

5. Bulygin N.E., Firsov G.A. Bioklimaticheskaya tsiklichnost i adaptatsiya drevesnykh rasteniy mussonnogo klimata pri introdutsii ikh na Severo-Zapad Rossii [The Bioclimatic Cyclicity and Adaptation of Arboreal Plants of Monsoon Climate After Their Introduction to North-Western Russia]. *Mater. mezhd. konf., posv. 50-letiyu Botan. sada – inta DVO RAN* [The Proceedings of International Conference Devoted to the 50th Anniversary of Botanic Garden of FEB RAS Institute]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 1998, pp. 157–160.

6. Volfe L. Nablyudeniya nad morozostoykostyu derevyanistykh rasteniy [Observations on Frost Hardiness of Arboreal Plants]. *Tr. byuro po prikl. bot.* [The Works by Applied Botanic Bureau]. Petrograd, 1917, vol. 10, no. 1, pp. 1–146.

7. Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimentalnoy botanike* [Mathematical Statistics in Experimental Botanic]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 424 p.

8. Komarova V.N., Firsov G.A., Bulygin N.E., Lovelius N.V. Zimostoykost khvoynykh introdutsentov v usloviyakh surovoy zimy 1984/85 g. [The Winter Hardiness of Coniferous Exotic Species in the Conditions of the Cold winter of 1984/85]. *Byul. Glav. botan. sada*, 1988, iss. 147, pp. 8–13.

9. Komarova V.N., Firsov G.A. Reaktsiya drevesnykh rasteniy Sankt-Peterburga na meteoanomalii 1989 i 1990 gg. [The Reaction of Arboreal Plants of Saint Petersburg on Meteoanomalies of 1989 and 1990]. *Byul. Glav. botan. sada*, 1995, iss. 172, pp. 8–10.

10. Fadeeva I.V., Firsov G.A., Bulygin N.E. Bioklimaticheskaya tsiklichnost v Sankt-Peterburge v kontse XX v. i ee vliyanie na introdutsirovannuyu i mestnuyu dendrofloru [The Bioclimatic Cyclicity in Saint Petersburg in the End of 20th Century and Its Influence on Introduced and Native Arboreal Flora]. *Bot. zhurn.*, 2009, vol. 94, no. 9, pp. 1351–1358.

11. Fadeeva I.V., Firsov G.A. Indikatsionnoe znachenie dendrofonologicheskogo ryada zatsvetaniya *Alnus incana* v fenostatsionare Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii [The Indicative Significance of Phenological Row of Efflorescence of *Alnus incana* in the Beginning of 21st Century]. *Dendrologiya v nachale XXI veka. Sb. mater. Mezhd. nauch. chteniy pamyati E.L. Volfa, 6–7 oktyabrya 2010 goda, Sankt-Peterburgskaya gos. lesotekh. akad. im. S.M. Kirova* [The Dendrology in the Beginning of 21st Century. The Collection of

Proceedings of International Scientific Reading in the Memory of E.L. Wolf, October 6-7, 2010, Saint Petersburg State Forest Engineering Academy Named After S.M. Kirov]. Saint Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, 2010, pp. 210-214.

12. Firsov G.A. K probleme dendrologicheskogo rayonirovaniya territorii Severo-Zapada Rossii [To the Problem of Dendrological Zoning of North-Western Russia Territories]. *Byul. Glav. Botan.*, 2003, iss. 185, pp. 3-8.

13. Firsov G.A., Fadeeva I.V. Vliyanie surovyykh zim XX veka na introdutsirovannuyu i aborigennuyu dendroflu Sankt-Peterburga na primere khvoynykh porod [The Influence of Cold Winters of XX century on Introduced and Native Arboreal Flora of Saint Petersburg on the Example of Conifers]. *Nauchnoe obozrenie*, 2009a, no. 2, pp. 3-13.

14. Firsov G.A., Fadeeva I.V. Anomalno-surovaya zima 1986-87 gg. i zimostoykost drevesnykh rasteniy v Sankt-Peterburge [Abnormally Cold Winter of 1986-87 and Winter Hardiness of Arboreal Plants in Saint Petersburg]. *Nauchnoe Obozrenie*, 2009b, no. 3, pp. 8-19.

15. Firsov G.A., Fadeeva I.V. Kriticheskie zimy v Sankt-Peterburge i ikh vliyanie na introdutsirovannuyu i mestnuyu dendroflu [Hard Winters in Saint Petersburg and Their Influence on Introduced and Native Arboreal Flora]. *Izv. Sankt-Peterburgskoy lesotekhn. akad.*, 2009b, iss. 188, pp. 100-110.

16. Firsov G.A., Fadeeva I.V., Bulygin N.E. Park i dendrariy Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii kak nauchnyy tsentr biologicheskoy i ekologicheskoy fenologii [The Park and Arboretum of Saint Petersburg State Forest-Technical Academy as a Scientific Centre of Biological and Ecological Phenology]. *Promyshlennaya Botanika*, Donetsk, 2009, iss. 9, pp. 48-55.

17. Firsov G.A., Fadeeva I.V., Volchanskaya A.V. Fenologicheskoye sostoyanie drevesnykh rasteniy v sadakh i parkakh S.-Peterburga v svyazi s izmeneniyami klimata [The Phenological State of Arboreal Plants in Saint Petersburg's Parks and Gardens in Connection With the Climate Change]. *Bot. zhurn.*, 2010, vol. 95, no. 1, pp. 23-37.

THE INFLUENCE OF BIOCLIMATIC CYCLICITY ON ARBOREAL PLANTS IN SAINT PETERSBURG

Firsov Gennadiy Afanasyevich

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
Komarov Botanical Institute of RAS,
Curator of Arboretum,
gennady_firsov@mail.ru
prof. Popova St. 2, 197376, Saint-Petersburg, Russian Federation

Fadeeva Inna Vadimovna

Candidate of Biological Sciences, Research Assistant,
Russian Geographical Society
butvik@mail.ru
Gritsova Cros., 10a, 190000 Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. On the basis of original phenological observations (1955-2009) and meteorological data on Saint Petersburg meteorostation the authors study the influence of bioclimatic cyclicality on plants of introduced and native arboreal flora in Saint Petersburg. Time periods are divided into 3 groups: early-warm, normal and late-cold. The bioclimatic data on early-warm and late-cold cycles are calculated. The early-warm and late-cold cycles alternate, with domination of the early-warm cycles under the tendency of climate warming at the beginning of the 21st century. The results of arboriculture should be estimated taking in mind the adaptation of plants in the late-cold cycles, but the seed propagation may give better results in the early-warm cycles. The last ones have been always considered as favourable for plants. But nowadays more and more species produce negative reaction to the early-warm cycles. In modern conditions the significance of phenological investigations and especially of long uninterrupted observations on arboreal pheno-indicators becomes more important.

Key words: bioclimatic cyclicality, arboreal flora, Saint Petersburg.

Г.А. Фирсов, И.В. Фадеева. Влияние биоклиматической цикличности на древесные растения в Санкт-Петербурге