

УДК 58.006 (470.23)

Г.А. Фирсов, А.Г. Хмарик

СМЕЩЕНИЕ ЗОН ЗИМНЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

В условиях потепления климата, начавшегося в конце 1980-х гг., границы зон зимней устойчивости растений (USDA Hardiness Zones) на территории Ленинградской области смещаются. Среднеминимальная температура воздуха по 21 метеостанциям за период 1988–2006 гг. по сравнению с периодом 1961–1987 гг. повысилась в среднем на 2,5°, в Санкт-Петербурге – на 3,2°. На участке протяжённостью 482 км от Кингисеппа до южного побережья Ладожского озера смещение изотермы среднеминимальной температуры воздуха –29°, соответствующей границе зон 4 и 5, по отношению к норме климата второй половины XX в. составляет от 30 км в районе Волосово до 69 км в Приладожье и до 80 км на юго-западе, в среднем около 50 км. Линия смещается на восток и юго-восток в сторону континента, удаляясь от Балтийского моря. Это означает возможность расширения культурного ареала теплолюбивых видов интродуцентов и перспективу продвижения экзотов на новые территории с учётом повышения их зимостойкости. Что касается Санкт-Петербурга, то в условиях климата прошлых лет он относился к 5 зоне (средняя минимальная температура –26,3°), в настоящее время перешёл в 6 зону (–23,1°). Это позволяет расширить ассортимент городских зелёных насаждений Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Такое районирование может иметь значение при проектировании территорий под питомники древесных растений и применяться в лесопарковом хозяйстве и озеленении на Северо-Западе России.

Ключевые слова: зоны устойчивости древесных растений, климат, Северо-Запад России, интродукция растений.

Районирование территории Северо-Запада России с точки зрения ассортимента интродуцированных здесь древесных растений актуально до сих пор [1]. Значение этой темы в современных условиях возрастает, особенно в связи с интенсивной интродукцией инорайонного растительного материала. Этот вопрос встал на повестку дня с падением «железного занавеса» и открытием границ в 1990-е гг., когда в Россию хлынул поток растений с западноевропейских питомников. Многие из таких культиваров были созданы в Голландии, Германии и Англии совсем для другого климата и в наших условиях до этого никогда не испытывались. Между тем садовник Лесного института в Санкт-Петербурге Э.Л. Вольф [2. С. 445] ещё в начале XX в. писал: «Так, например, неизвестно, что многие из более чувствительных деревянистых растений, разведенных на тучной почве мягкой по климату Голландии – несмотря на свой чрезвычайно сильный и здоровый вид – преуспевают в более суровых областях, особенно в восточных, гораздо хуже, чем экземпляры тех же пород, но выращенные в менее благоприятной местности. Кто живет в суровом крае, тот часто будет испытывать горькое разочарование с хвойными, рододендронами, падубами и другими вечнозелеными породами, но также с розанами и так дальше, полученными из Голландии и вообще из районов, обладающих мягким климатом».

На сегодняшний день мало отрицательных примеров такой бессистемной интродукции, – это во многом обусловлено благоприятным воздействием продолжающегося потепления климата. Это могло бы способствовать нежеланию завозить непроверенный и нерайонированный растительный материал. Материал поступает с заведомо более тёплых зон. В тёплых южных регионах Польши, Германии, Венгрии, Италии, Бельгии, где и находятся многие европейские питомники, растения растут и достигают товарной кондиции и декоративных качеств гораздо быстрее, и там меньше себестоимость выращивания. Однако их перенос в заведомо более холодные условия не даёт никаких гарантий успешной адаптации и может привести к тяжёлым последствиям в случае возврата холодных зим. Кроме того, в питомниках активно используются удобрения, стимулирующие рост, что также снижает зимостойкость интродуцентов. Известно, что в первые годы существования Санкт-Петербурга, когда еще не было теории и практики интродукции и акклиматизации растений и не было опыта их выращивания, материал для посадки привозили из стран с более мягким климатом и из южных районов России. Многие из таких привезенных деревьев потом быстро вымерзли.

Критическим фактором выживания и существования древесных растений в открытом грунте умеренных областей мира в большинстве случаев является минимальная температура воздуха в зимний период [3-5 и др.]. Известно, что губительное действие на растения оказывает не средний уровень зимних температур, а наиболее суровые, хотя и кратковременные морозы. Суровость зимы ха-

рактически не средние месячные, а наиболее низкие температуры, наблюдаемые в отдельные годы. Величины, близкие к абсолютному минимуму, встречаются редко, один раз в десятки лет. Поэтому на практике агроклиматологии в качестве показателя морозоопасности используются средние из абсолютных минимумов температуры воздуха [6]. Этот же климатический показатель был принят за основу А. Rehder [7]. В его справочнике приводится карта территории США и Канады с выделением 7 зон зимней устойчивости древесных растений. Для более чем 2550 видов деревьев и кустарников отмечается возможная зона их культуры в открытом грунте. Зоны выделены Департаментом сельского хозяйства США в 1930-е гг. Например, для II зоны А. Редер считал типичными такие виды, как дуб крупноплодный (*Quercus macrocarpa* Michx.) и жёлтую акацию (*Caragana arborescens* Lam.). По мнению А.В. Гурского [8. С. 180] «Советские дендрологи вряд ли согласятся с таким районированием. ... Холодостойкость сибирской желтой акации гораздо выше холодостойкости дуба крупноплодного и клёна ясенелистного». Однако районирование А. Редера при всех недостатках выдержало испытание временем. Система такой оценки и выделения зон устойчивости растений Департамента сельского хозяйства США (USDA Hardiness Zones) основывается на простой идее использования среднеминимальных температур воздуха, разделённых на изотермы через 10° по шкале Фаренгейта. Применяется и более детализированное подразделение на интервалы через 5° F по той же шкале с наименованием «а» для более холодной половины зоны и «b» – для более тёплой подзоны.

Уже после А. Редера система была повторно проанализирована, уточнена и дополнена. Сейчас признаются 11 зон: зона 1 – Арктика, 10 и 11 – тропики (южная часть п-ова Флорида). В последние десятилетия система зон устойчивости была распространена и на Западную Европу. Её уже давно применяют в Новой Зеландии и Австралии [9]. Садоводы и дендрологи в США и Канаде вскоре после ее создания приняли концепцию зон устойчивости растений со всеми ее преимуществами и недостатками. И за многие годы, во многом путем прямых проб и ошибок, большинство видов деревьев и кустарников были оценены с точки зрения их соответствия к той или иной зоне. Карта зон устойчивости USDA – фундаментальная часть американского садоводства, и каждый садовод в США знает свою зону.

Такой способ зонирования на основании зимних минимумов температуры воздуха позволяет создание сходных карт для других районов земного шара, например, для Европы и Китая. То, что в таких картах не учитывается – это все остальные климатические параметры, такие, как летние температуры воздуха и режим осадков. При этом заранее предполагается, что растения не испытывают недостатка летнего тепла. Несмотря на значительные ограничения, преимущество карты USDA в том, что она широко понятна. И такой простой способ выделения зон устойчивости может быть легко использован при создании карты по зимним минимумам температуры воздуха где-то на других территориях. По этой причине она была принята в энциклопедическом издании «New Trees» [10].

Недостаток такого районирования – это вопрос о перспективности новых видов для разведения. Однако если пользоваться зонами зимней устойчивости древесных растений критически и с осторожностью, карты таких выделенных зон могут оказать хорошую услугу для предварительного отбора растений для культуры. Коммерческое питомниководство зачастую чересчур оптимистично, и к оценке зон устойчивости в каталогах питомниках следует относиться с определенной долей скептицизма. Но, тем не менее, эта система в связи с глобализацией мировой экономики и всё более интенсивным обменом растениями приобретает всё более интернациональный характер [1; 9-11]. В разных странах она широко используется как в градусах шкалы Фаренгейта, так и в градусах более привычной для нас шкалы Цельсия. В последние годы многие питомники стали публиковать в своих каталогах номера зон, для которых предназначены предлагаемые к продаже растения. В том числе это способствует и лучшей реализации посадочного материала.

В связи с изменением климата границы зон сдвигаются. Сдвиг в северном направлении уже поставлен на обсуждение для грядущего переиздания USDA карты зон устойчивости [10]. Очевидно, что изменение границ зон справедливо и для Северо-Запада России [1]. Здесь по сравнению с климатом XX в. повышаются минимальные температуры воздуха, увеличивается интервал между аномально-холодными зимами. Заметно возрастает среднегодовая температура воздуха. Увеличивается вегетационный сезон и сокращается зимний период [12-14].

Как смещаются границы этих зон, насколько и в каком направлении, и как при этом меняются уровни адаптированности разных видов деревьев и кустарников в разных интродукционных центрах и зонах – вопрос очень актуальный, на сегодняшний день недостаточно изученный и имеющий большое экономическое значение. В настоящем сообщении мы постарались осветить некоторые из поставленных вопросов.

Материалы и методика исследований

За период 1961–2006 гг. были обработаны данные по минимальным температурам воздуха по 21 метеостанции и метеопосту Санкт-Петербургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (табл. 1). Число лет наблюдений от 19 до 27 (по станции Кириши более короткий ряд – за 10 лет). Получены средние значения по двум группам лет: 1961–1987 гг. (принято за норму климата XX в.) и 1988–2006 гг. после начавшегося потепления климата [14]. На одном из участков территории Ленинградской области (от окрестностей Кингисеппа до южного побережья Ладожского озера) проведены изотермы средниминимальных температур воздуха за эти годы. Показано смещение границ зон зимней устойчивости древесных растений, выделенных по этому принципу. Приведены примеры состояния и зимостойкости древесных растений в разных зонах на территории Ленинградской области. При этом использованы собственные оригинальные данные полевой оценки обмерзания древесных растений за период с начала 1980-х гг. на этой территории. А также учтены имеющиеся литературные данные по зимостойкости древесных растений.

В Санкт-Петербурге оценка обмерзания проводилась по шкале П.И. Лапина [15]. По результатам многолетней оценки тот или иной вид был отнесён к одной из пяти групп зимостойкости по шкале Э.Л. Вольфа [16], что позволило унифицировать данные и использовать их для сравнения с теми же видами в других пунктах интродукции.

Результаты и их обсуждение

Данные по средней минимальной температуре воздуха по 21 метеостанции и метеопосту приведены в табл. 1. Все они находятся на территории Ленинградской области.

Таблица 1

Среднеминимальная температура воздуха по метеостанциям Санкт-Петербургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями за период 1961–2006 гг.

Метеостанция	Период нормы климата XX в., 1961–1987 гг.			Период потепления климата, с 1988 г.			Разница, °С
	Годы	Число лет	T, °С	Годы	Число лет	T, °С	
Белогорка	1961–1987	27	–31,9	1988–2006	19	–30,4	1,5
Винницы	1961–1987	27	–35,9	1988–2006	19	–34,0	1,9
Воейково	1961–1987	27	–27,7	1988–2006	19	–26,1	1,6
Вознесенье	1961–1987	27	–34,9	1988–2006	19	–32,6	2,3
Волосово	1961–1987	27	–32,1	1988–2006	18	–28,9	3,2
Волхов	1961–1987	27	–31,8	1988–2006	13	–30,6	1,2
Выборг	1961–1987	27	–29,9	1988–2006	19	–26,5	3,4
Ефимовская	1961–1987	27	–35,1	1988–2006	19	–32,8	2,3
Кингисепп	1961–1987	27	–30,3	1988–2006	19	–25,8	4,5
Кириши	1961–1987	10	–32,5	1988–2006	19	–30,2	2,3
Лесогорский	1961–1987	27	–31,0	1988–2006	19	–28,4	2,6
Лисий Нос	1961–1987	27	–29,6	1988–2006	17	–25,7	3,9
Лодейное Поле	1961–1987	27	–36,4	1988–2006	19	–36,1	0,3
Ломоносов	1961–1987	27	–28,0	1988–2006	19	–24,3	3,7
Николаевская	1961–1987	27	–29,1	1988–2006	19	–27,3	1,8
Н. Ладога	1961–1987	27	–30,1	1988–2006	19	–28,5	1,6
Озерки	1961–1987	27	–30,1	1988–2006	19	–26,5	3,6
Санкт-Петербург	1961–1987	27	–26,3	1988–2006	19	–23,1	3,2
Сосново	1961–1987	27	–30,9	1988–2006	19	–27,7	3,2
Тихвин	1961–1987	27	–34,5	1988–2006	19	–33,0	1,5
Шлиссельбург	1961–1987	27	–31,3	1988–2006	19	–28,3	3,0

При сравнении периодов 1961–1987 гг. и 1988–2006 гг. оказалось, что минимальная температура воздуха по 21 метеостанции повысилась в среднем на $2,5^{\circ}$. Лишь по станции Лодейное Поле – незначительно, на $0,3^{\circ}$. По остальным – от $1,5^{\circ}$ (Тихвин) до $4,5^{\circ}$ (Кингисепп). В Санкт-Петербурге – на $3,2^{\circ}$. В целом это значительное повышение температуры за такой короткий промежуток времени.

Изотерма $-28,9^{\circ}$, отделяющая зону 4 от зоны 5, раньше, в 1961–1987 гг., проходила западнее и севернее Кингисеппа ($-30,3^{\circ}$) и шла в основном вдоль южного побережья Финского залива на некотором от него расстоянии, на восток-северо-восток, между Ломоносовым ($-28,0^{\circ}$) и Белогоркой ($-31,9^{\circ}$), проходя до Ладожского озера между Воейково ($-27,7^{\circ}$) и Петрокрепостью (Шлиссельбург) ($-31,3^{\circ}$). Ленинград тогда попадал в зону 5, в её более холодную подзону 5а ($-26,3^{\circ}$).

По данным справочника «Агроклиматические ресурсы Ленинградской области» [6; рис. 7], изотерма среднего из абсолютных минимумов температуры воздуха -29° проходила ещё ближе к побережью Финского залива, местами почти по береговой линии.

Раньше (рис.) почти всё южное побережье Ладожского озера находилось в 4 зоне: от Петрокрепости ($-31,3^{\circ}$) до Новой Ладogi ($-30,1^{\circ}$). Сейчас линия этой изотермы сместилась восточнее на 45–50 км, от Волосово ($-28,9^{\circ}$), проходя к северу от Белогорки ($-30,4^{\circ}$), восточнее Петрокрепости ($-28,3^{\circ}$), между Новой Ладогой ($-28,5^{\circ}$) и Волховым ($-30,6^{\circ}$) вдоль южного берега Ладожского озера. Теперь в зону 5 попадает территория вокруг южных прибрежных районов Ладожского озера, к западу от Новой Ладogi. Если посмотреть на начало линии этой изотермы, то очевидно, что граница 4 и 5 зон заметно отодвинулась от Финского залива и от Санкт-Петербурга вглубь континента – на этом отрезке в юго-восточном направлении, параллельно прежней линии. Что касается Санкт-Петербурга, то он перешёл из зоны 5 в более тёплую 6 зону ($-23,1^{\circ}$).

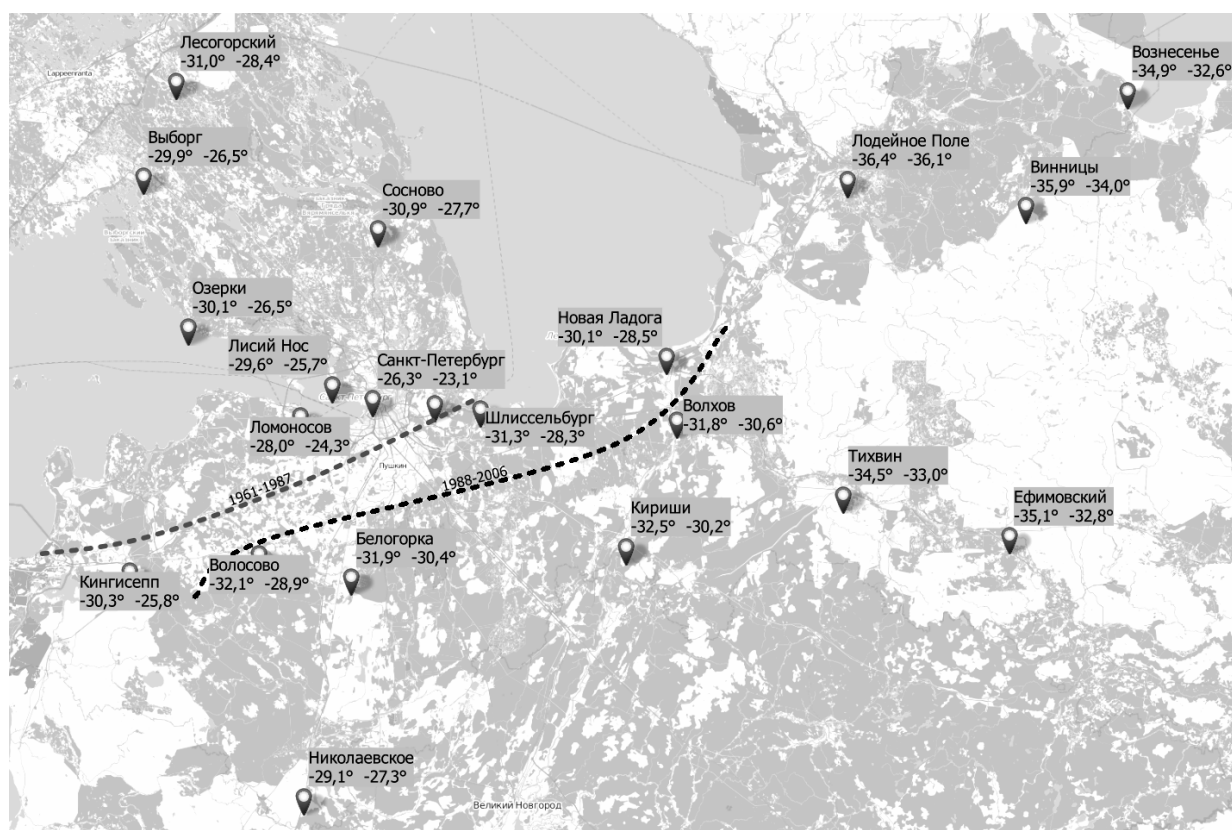


Рис. Смещение границы 5-й и 4-й зон зимней устойчивости древесных растений в Ленинградской обл. по данным среднеминимальных температур воздуха в период с 1961 по 1987 гг. и в период с 1988 по 2006 гг.

Это означает, что на такое расстояние в восточном направлении можно продвинуть культуру древесных экзотов, свойственных для 5 зоны – туда, где раньше была территория 4 зоны. Например,

среди хвойных при всех недостатках и условностях такого деления, у G. Krussmann [17] к 5 зоне отнесены такие виды, как *Picea orientalis* (L.) Peterm., *Pinus tabuliformis* Carr., *Tsuga canadensis* (L.) Carr., *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *Larix occidentalis* Nutt. Опыт интродукции подтверждает, что они в большинстве своём могут расти успешно в открытом грунте Санкт-Петербурга.

Научно-опытная станция Отрадное Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН в Приозерском районе Ленинградской области расположена в более холодных климатических условиях Северо-Востока Карельского перешейка, в подзоне средней тайги. По данным ближайшей метеостанции Сосново, сейчас станция Отрадное находится в 5 зоне ($-27,7^\circ$), раньше относилась к 4 зоне ($-30,4^\circ$) – на одну зону холоднее по сравнению с Санкт-Петербургом. Основные результаты испытаний экзотов за 54 года (1949–2002 гг.) подведены О.А. Связевой с соавторами [18]. Имеется возможность сравнить уровни адаптированности в Отрадном и Санкт-Петербурге одних и тех же видов. В табл. 2 приведены примеры пяти выделенных групп зимостойкости по результатам испытаний в Отрадном по сравнению с Санкт-Петербургом (ботанический сад БИН). Обозначения репродуктивного состояния: Fr – плодоносит, Fl – только цветёт, Veg – в вегетативном состоянии.

Таблица 2

Зимостойкость и репродуктивное состояние древесных экзотов в НОС Отрадное и Ботаническом саду БИН РАН

Название растений	Отрадное	Санкт-Петербург
<i>Группа I: растения вполне зимостойкие</i>		
<i>Abies fraseri</i> (Pursh) Poir.	I, Fr	I, Fr
<i>Duschekia fruticosa</i> (Rupr.) Pouzar	I, Fr	I, Fr
<i>Larix laricina</i> (Du Roi) C. Koch	I, Fr	I, Fr
<i>Maackia amurensis</i> Maxim. et Rupr.	I, Veg	I, Fr
<i>Группа II: растения сравнительно зимостойкие</i>		
<i>Caragana frutex</i> (L.) C. Koch	II, Veg	I, Fr
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	II, Veg	I, Fr
<i>Rhododendron japonicum</i> (A. Gray) Suring.	II, Fr	I, Fr
<i>Группа III: растения, подмерзающие в разной степени</i>		
<i>Acer saccharinum</i> L.	III, Fl	I, Fr
<i>Lonicera tatarica</i> L.	III, Fr	I, Fr
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	III, Fr	I, Fr
<i>Группа IV: растения, сильно обмерзающие, часто, постоянно, до уровня снегового покрова</i>		
<i>Berberis amurensis</i> Maxim.	IV, Veg	I, Fr
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Siebold et Zucc.	IV, Veg	I, Fr
<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	IV, Veg	II, Fr
<i>Juglans regia</i> L.	IV, Fl	I-III, Fr
<i>Thuja plicata</i> Donn ex D. Don	IV, Veg	II, Fr
<i>Группа V: растения, погибающие после первых зим, или прозябающие в угнетённом состоянии</i>		
<i>Acer pensylvanicum</i> L.	V	I, Fl
<i>Gymnocladus dioica</i> (L.) C. Koch	V	II, Veg
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	V	II, Fr

Из данных табл. 2 видно значительное различие в зимостойкости древесных интродуцентов в арборетумах, расположенных в разных зонах. В Отрадном намного короче вегетационный сезон. Сроки наступления индикаторов календаря природы Ладого-Ильменской территориально-феноиндикационной системы [19] там наступают заметно позже, иногда более чем на декаду, чем в Санкт-Петербурге; позже наступает весна и раньше – зима. В Отрадном гораздо больше менее зимостойких видов. Санкт-Петербург явно преобладает по числу видов, достигших репродуктивного состояния. Тем не менее и в Отрадном есть хорошо зарекомендовавшие себя виды, которые можно продвинуть в культуре дальше к северу от Карельского перешейка.

Восточные районы Ленинградской области расположены в ещё более холодных условиях по сравнению с Карельским перешейком, в 4 и 3 зонах USDA. Разные виды деревьев и кустарников там ещё менее зимостойки. Так, в аномально суровую зиму 1978/79 г. имели место случаи массового об-

мерзания до уровня снега или до шейки корня растений клёна ясенелистного возраста до 20 лет в районах Тихвина, Бокситогорска и Подпорожья [20].

Санкт-Петербург – крупнейший центр интродукции на Северо-Западе России. Здесь накоплен большой объём данных по зимостойкости древесных растений многих видов за длительный период наблюдений. Есть возможность в определённой степени распространить данные по уровням адаптивности за пределы Санкт-Петербурга с учётом потепления климата и изменений границ зон зимней устойчивости древесных растений.

Заключение

В условиях потепления климата, начавшегося в конце 1980-х гг., границы зон зимней устойчивости растений (USDA Hardiness Zones) на территории Ленинградской области смещаются. Средняя минимальная температура воздуха по 21 метеостанции за период 1988-2006 гг. по сравнению с периодом 1961–1987 гг. повысилась в среднем на 2,5°, в Санкт-Петербурге – на 3,2°. На участке, протяжённостью 482 км от Кингисеппа до южного побережья Ладожского озера, смещение изотермы средней минимальной температуры воздуха –29°, соответствующей границе зон 4 и 5, по отношению к норме климата второй половины XX в. составляет от 30 км в районе Волосово до 69 км в Приладожье и до 80 км на юго-западе, в среднем около 50 км. Линия смещается на восток и юго-восток в сторону континента, удаляясь от Балтийского моря. Это означает возможность расширения культурного ареала теплолюбивых видов интродуцентов и перспективу продвижения экзотов на новые территории с учётом повышения их зимостойкости. Это касается таких видов деревьев, считающихся устойчивыми в 5 зоне, как *Abies concolor*, *Larix occidentalis*, *Tsuga canadensis* и др. Что касается Санкт-Петербурга, то в условиях климата прошлых лет он относился к 5 зоне (средняя минимальная температура –26,3°), в настоящее время перешёл в 6 зону (–23,1°). Это позволяет расширить ассортимент городских зелёных насаждений Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Санкт-Петербург – очень важный центр интродукции древесных растений с богатейшей историей. Здесь накоплен значительный объём данных по зимостойкости, которая является основным фактором, ограничивающим здесь разведение интродуцентов, за длительный период наблюдений и для очень многих видов. Только в Ботаническом саду Петра Великого за 300 лет было испытано более 3400 видов и форм древесных растений. Есть возможность в определённой степени распространить данные по уровням адаптивности за пределы Санкт-Петербурга с учётом потепления климата и изменений границ зон зимней устойчивости древесных растений. Такое районирование может иметь значение при проектировании территорий под питомники древесных растений и применяться в лесопарковом хозяйстве и озеленении на Северо-Западе России. Для более точных оценок желательно расширение сети интродукционных центров испытаний экзотов в разных агроклиматических зонах.

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме № 126-2014-0021 «Коллекции живых растений Ботанического сада Петра Великого им. В.Л. Комарова РАН (история, современное состояние, перспективы развития и использования)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фирсов Г.А. К проблеме дендрологического районирования территории Северо-Запада России // Бюлл. Глав. Ботан. сада. Вып. 185. 2003. С. 3-8.
2. Вольф Э.Л. Декоративные кустарники и деревья для садов и парков. Петроград, 1915. 462 с.
3. Булыгин Н.Е., Фирсов Г.А., Комарова В.Н. Основные результаты и перспективы дальнейшей интродукции хвойных на северо-западе России / Рукопись представлена Ленингр. лесотехн. акад. Деп. в ВИНТИ 15.06.1989. № 3983 – В 89. 142 с.
4. Фирсов Г.А., Фадеева И.В. Аномально-суровая зима 1986-87 гг. и зимостойкость древесных растений в Санкт-Петербурге // Научное обозрение. 2009. № 3. С. 8-19.
5. Фирсов Г.А., Фадеева И.В. Критические зимы в Санкт-Петербурге и их влияние на интродуцированную и местную дендрофлору // Изв. Санкт-Петербург. лесотехнической акад. Вып. 188. 2009. С. 100-110.
6. Агроклиматические ресурсы Ленинградской области. Л.: Гидрометеоролог. изд-во, 1971. 119 с.
7. Rehder A. A Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America. N., Y.: The Macmillan Company, 1949. 996 p.
8. Гурский А.В. Основные итоги интродукции древесных растений в СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 1957. 303 с.

9. Harrison Ch. R. Ornamental conifers. David and Charles. Newton Abbot, Devon. 1975. 224 p.
10. 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.
11. Beckett K. Hardiness Zones and the British Isles // Manual of Cultivated Conifers. Portland, Oregon: Timber Press, 1995. P. 7-8.
12. Фирсов Г.А., Фадеева И.В., Волчанская А.В. Фенологическое состояние древесных растений в садах и парках С.-Петербурга в связи с изменениями климата // Бот. журн. 2010. Т. 95, № 1. С. 23-37.
13. Мелешко В.П., Мещерская А.В., Хлебникова Е.И. (ред.). Климат Санкт-Петербурга и его изменения. СПб.: Гос. учреждение «Главная геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова», 2010. 256 с.
14. Фирсов Г.А. Древесные растения ботанического сада Петра Великого (XVIII-XXI вв.) и климат Санкт-Петербурга // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук): тр. междунар. науч. конф. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. С. 208-215.
15. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюлл. Глав. Ботан. сада. 1967. Вып. 65. С. 13-18.
16. Вольф Э.Л. Наблюдения над морозоустойчивостью деревянистых растений // Тр. бюро по прикладной ботанике. 1917. Т. 10. № 1. 146 с.
17. Krussmann G. Manual of Cultivated Conifers. Portland, Oregon: Timber Press, 1995. 361 p.
18. Связева О.А., Лукс Ю.А., Латманисова Т.М. Интродукционный питомник Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова на Северо-Востоке Карельского перешейка (Ленинградская область). СПб.: Изд-во «Росток». 2011. 343 с.
19. Булыгин Н.Е. Биологические основы дендрофенологии. Л.: Изд-во ЛТА. 1982. 80 с.
20. Булыгин Н.Е., Фирсов Г.А. Интродукция кленов на Северо-Западе РСФСР / Рук. представлена в Ленингр. лесотехн. акад. Деп. в ВИНТИ 3 июня 1983 г. № 3006-83 Деп. 203 с.

Поступила в редакцию 16.05.16

G.A. Firsov, A.G. Khmarik

SHIFTING OF USDA HARDINESS ZONES AT NORTH-WESTERN RUSSIA IN CONDITIONS OF CLIMATE WARMING

In conditions of climate warming since the end of the 1980's the borders of USDA Hardiness Zones at the territory of Leningrad region have been shifting. The average minimum temperature calculated for 21 meteorological stations during the period 1988-2006 comparing with the period 1961-1987 has increased up to 2.5°, and 3.2° – at St.-Petersburg. Between Kingisepp and the south coast of Ladoga Lake the shifting of the isotherm –29° (which is the border line between zones 4 and 5) is about 50 km at the average: from 30 km near Volosovo till 69 km at the Ladoga Lake and 80 km at the south-west of the line. The line has moved to the east and south-east to the continent, moving away from the Baltic Sea. This gives the possibility to widen the cultivated habitats of the warm-loving exotic species at new territories taking in mind the increasing of their winter hardiness. As for Saint-Petersburg, formerly it belonged to the 5 zone (with the average minimum temperature... –26.3°). Nowadays it has moved to the 6 zone (–23.1°). It allows to enlarge the assortment of trees and shrubs in city planting of Saint-Petersburg and Leningrad region. Such division into zones may be of significance in establishing the new arboreal nurseries and may be used in forest and park economy as well as in city planting at the North-Western part of Russia.

Keywords: USDA Hardiness Zones, climate, North-Western Russia, plant introduction.

REFERENCE

1. Firsov G.A. [On the problem of dendrological zoning of the North-West of Russia], in *Bjull. Glav. Botan. sada*, 2003, iss. 185, pp. 3-8 (in Russ.).
2. Vol'f E. L. *Dekorativnye kustarniki i derev'ja dlja sadov i parkov* [Ornamental shrubs and trees for gardens and parks], Petrograd, 1915. 462 p. (in Russ.).
3. Bulygin N.E., Firsov G.A. and Komarova V.N. *Osnovnye rezul'taty i perspektivy dal'nejšej introdukcii hvojnyh na severo-zapade Rossii* [The main results and prospects of the further introduction of conifers in the northwest of Russia], Rukopisj predstavlena Leningr. lesotehn. akad. Dep. v VINITI 15.06.1989, no. 3983, vol. 89, 142 p. (in Russ.).
4. Firsov G.A. and Fadeeva I.V. [Abnormally severe winter 1986-87. and hardiness of woody plants in St. Petersburg], in *Nauchnoe obozrenie*, 2009, no. 3, pp. 8-19. (in Russ.).
5. Firsov G.A. and Fadeeva I.V. [Critical winter in St. Petersburg, and their impact on local and introduced dendroflora], in *Izv. Sankt-Peterburg. lesotekhnicheskoy akad.*, 2009, iss. 188, pp. 100-110 (in Russ.).

6. *Agroklimaticheskie resursy Leningradskoj oblasti* [Agro-climatic resources of the Leningrad region], L.: Gidrometeorolog. izd-vo, 1971, 119 p. (in Russ.).
7. Rehder A.A. *Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America*. N., Y.: The Macmillan Company, 1949, 996 p.
8. Gurskij A.V. *Osnovnye itogi introdukcii drevesnyh rastenij v SSSR* [The main results of the introduction of woody plants in the USSR], M., L.: izd-vo AN SSSR, 1957, 303 p. (in Russ.).
9. Harrison Ch.R. *Ornamental conifers*. David and Charles. Newton Abbot, Devon, 1975, 224 p.
10. Grimshaw J. and 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.
11. Beckett K. *Hardiness Zones and the British Isles*, in *Manual of Cultivated Conifers*, Portland, Oregon: Timber Press, 1995, pp. 7-8.
12. Firsov G.A., Fadeeva I.V., Volchanskaja A.V. [Phenology of woody plants in gardens and parks of St. Petersburg in connection with climate change], in *Bot. zhurn.*, 2010, T. 95, no. 1, pp. 23-37 (in Russ.).
13. Meleshko V.P., Mescherskaja A.V. and Hlebnikova E.I. (ed.). *Klimat Sankt-Peterburga i ego izmenenija* [The climate of St. Petersburg and its changes], SPb.: Gos. uchrezhdenie "Glavnaja geofiz. observatorija im. A.I. Voejkova", 2010, 256 p. (in Russ.).
14. Firsov G.A. [Woody plants Botanical Garden of Peter the Great (XVIII-XXI centuries.) and the climate of St. Petersburg], in *Tr. mezhdunar. nauch. konf. "Botanika: istorija, teorija, praktika (k 300-letiju osnovanija Botanicheskogo instituta im. V. L. Komarova Rossijskoj akademii nauk)"*, SPb.: Izd-vo SPbGETU "LETI", 2014, pp. 208-215 (in Russ.).
15. Lapin P.I. [Seasonny rhythm of woody plants and its importance for the introduction], in *Bjull. Glav. Botan. sada*, 1967, iss. 65, pp. 13-18 (in Russ.).
16. Vol'f E.L. [Observations on the frost resistance of woody plants], in *Tr. bjuro po prikladnoj botanike*, 1917, T. 10, no. 1, 146 p. (in Russ.).
17. Krussmann G. *Manual of Cultivated Conifers*. Portland, Oregon: Timber Press, 1995. 361 p.
18. Svjazeva O.A., Luks Ju.A. and Latmanizova T.M. *Introdukcionnyj pitomnik Botanicheskogo sada Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova na Severo-Vostoke Karel'skogo pereshejka (Leningradskaja oblastj)* [Introdukcionnyj nursery Botanical Garden Botanical Institute. VL Komarova in the North-East of the Karelian Isthmus (Leningrad region)], SPb.: OOO "Izd-vo "Rostok", 2011, 343 p. (in Russ.).
19. Bulygin N.E. *Biologicheskie osnovy dendrofenologii* [Biological basis dendrofenologii], L.: Izd-vo LTA, 1982, 80 p. (in Russ.).
20. Bulygin N.E. and Firsov G.A. *Introdukcija klenov na Severo-Zapade RSFSR* [Introduction of maples in the Northwest of RSFSR], Ruk. predstavlena v Leningr. lesotehn. akad. Dep. v VINITI 3 ijunja 1983 g, no. 3006-83 Dep., 203 p. (in Russ.).

Фирсов Геннадий Афанасьевич,
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник отдела Ботанический сад Петра
Великого

ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН»
197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 2
E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Хмарик Александр Геннадьевич, аспирант
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
194021, Россия, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5
E-mail: hag1989@gmail.com

Firsov G.A.,
Candidate of Biology, Senior Researcher
of the Department botanic garden,

Komarov Botanical Institute RAS
Prof. Popova st., 2, St. Petersburg, Russia, 197376
E-mail: gennady_firsov@mail.ru

Khmarik A.G., postgraduate student
Saint Petersburg State Forest Technical University
Institutskiy per., 5, St. Petersburg, Russia, 194021
E-mail: hag1989@gmail.com