

УДК 630*181.22:633.878.32(571.5)

**МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ РОДА POPULUS,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ****Рунова Е.М., Аношкина Л.В.***ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: runova0710@mail.ru*

Работа посвящена изучению морозоустойчивости различных видов деревьев рода *Populus* в условиях резко континентального климата Восточной Сибири. Дана природно-климатическая характеристика г. Братска, проанализирован видовой состав городских насаждений. В качестве объектов исследования были взяты однолетние побеги деревьев: *Populus alba* L., *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche, *Populus balsamifera* L., произрастающих в насаждениях общего пользования г. Братска. Образцы собраны в декабре 2017 г. при температуре воздуха -6°C . Зимостойкость оценивалась по методике М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой, оценка проводилась по I и II компонентам. Устойчивость к ранним морозам (I компонент) оценивалась в естественных условиях, после чего были сделаны поперечные срезы и определена степень повреждения вегетативных органов. Испытания на максимальную морозоустойчивость растений проводились при помощи моделирования низких температур в камере искусственного климата MKF-240. Отмечены повреждения перидермы, флоэмы, камбия, ксилемы, сердцевин. Выполнен анализ повреждений по длине побегов. Степень повреждения древесины оценена по пятибалльной шкале. В среднем промерзание вегетативных органов всех видов однолетних побегов рода *Populus* не превышает 2 баллов. После испытаний образцов по I компоненту зимостойкости, в большей степени повреждения отмечаются у *Populus balsamifera* L. – 0,59, после воздействия критических температур в лабораторных условиях – у *Populus alba* L. – 1,31 балла. Степень повреждения вегетативных органов практически у всех видов *Populus* уменьшается от перидермы к сердцевине. По результатам исследований сделаны выводы и предложены рекомендации по использованию *Populus* в озеленении г. Братска. Так как все три вида *Populus* обладают достаточно хорошей устойчивостью к воздействию низких температур: повреждения однолетних побегов не превышают 1,5 баллов, *Populus alba* L. и *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche предлагается использовать в городском озеленении.

Ключевые слова: морозоустойчивость, *Populus alba* L., *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche, *Populus balsamifera* L., однолетние побеги, вегетативные органы

**FROST RESISTANCE OF GENUS POPULUS TREES USED IN THE GREENING
OF EASTERN SIBERIA CITIES****Runova E.M., Anoshkina L.V.***Bratsk State University, Bratsk, e-mail: runova0710@mail.ru*

The work is devoted to the study of frost resistance of various species of trees of the genus *Populus* in the conditions of the sharply continental climate of Eastern Siberia. The natural and climatic characteristics of Bratsk are given in the article, the species composition of urban plantings is analyzed. One-year shoots of trees were taken as the objects of the study: *Populus alba* L., *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche, *Populus balsamifera* L., growing in common plantations in Bratsk. Samples were collected in December 2017 at air temperature -6°C . Winter hardiness was assessed by the method of M.M. Tyurina and G.A. Gogoleva, the evaluation was carried out for the I and II components. Resistance to early frosts (I component) was evaluated under natural conditions, after which cross sections of the vegetative organs were determined. Tests on the maximum frost resistance of plants were carried out by modeling low temperatures in the chamber of the artificial climate MKF-240. Damage to periderm, phloem, cambium, xylem, and core was noted. The analysis of damage along the length of shoots is performed. The degree of damage to wood is estimated on a five-point scale. On average, the freezing of vegetative organs of all kinds of annual shoots of the genus *Populus* does not exceed 2 points. After testing the samples for the I component of winter hardiness, the lesions are noted to a greater degree in *Populus balsamifera* L. – 0.59, after exposure to critical temperatures in the laboratory – in *Populus alba* L. – 1.31 points. The degree of damage to the vegetative organs in virtually all species of *Populus* decreases from the periderm to the core. Based on the results of the research, conclusions were drawn and recommendations for the use of *Populus* in the gardening of Bratsk were suggested. Since all three species of *Populus* have quite good resistance to low temperatures: damage to annual shoots does not exceed 1.5 points, *Populus alba* L. and *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche is suggested for use in urban landscaping.

Keywords: frost resistance, *Populus alba* L., *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche, *Populus balsamifera* L., annual shoots, vegetative organs

Облик города во многом зависит от степени его озеленения и разнообразия используемых при этом древесно-кустарниковых растений. Видовой состав растений, применяемых для озеленения городов севера Восточной Сибири, довольно беден, и ограничивается, прежде всего, способностью растений адаптироваться к условиям

сурового резко континентального климата с продолжительными морозными зимами и коротким засушливым летом. Успешность использования интродуцентов в озеленении северных городов зависит от их генетически обусловленных особенностей: зимостойкости и морозоустойчивости. Под зимостойкостью понимают устойчивость

растений к отрицательным температурам, а под морозоустойчивостью – способность переносить резкие понижения температуры ниже -25°C [1]. В настоящее время достаточно подробно изучены вопросы зимостойкости и морозоустойчивости древесных растений, используемых в озеленении городов европейского севера, Урала, Западной Сибири [1–3]. Недостаточная устойчивость к воздействию низких температур может свидетельствовать в пользу несоответствия экологического потенциала растений их новым условиям существования. Таким образом, при подборе ассортимента растений, используемых в озеленении северных городов, особенно инорайонных, необходимо проведение исследований по их адаптации к длительному воздействию низких температур воздуха.

Целью настоящих исследований является изучение морозоустойчивости различных видов *Populus* в условиях резко континентального климата севера Иркутской области.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были взяты однолетние побеги деревьев: *Populus alba* L., *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche, *Populus balsamifera* L., произрастающих в насаждениях общего пользования г. Братска. Образцы собраны в начале декабря 2017 г. при температуре воздуха -6°C после ранних морозов (-22 – -24°C) и наступившей затем оттепели. С каждого вида взято по 40 образцов. При срезании побегов учитывалась ориентация по сторонам света (собрано по 10 побегов с разных сторон света).

Зимостойкость оценивалась по методике М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой: I компонент – устойчивость вида к ранним морозам; II – максимальная морозоустойчивость в закаленном состоянии; III – способность сохранять высокую устойчивость к морозам в период оттепели; IV компонент – способность восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей [4]. Оценка проводилась по I и II компонентам.

Устойчивость к ранним морозам (I компонент) оценивалась в естественных условиях. Побеги хранились в течение 5 дней при температуре -5 (-6) $^{\circ}\text{C}$, после чего были сделаны поперечные срезы: в начале, середине и конце побегов – и определена степень повреждения вегетативных органов. Затем были проведены испытания на максимальную морозоустойчивость растений при помощи моделирования низких температур в камере искусственного климата МКФ-240.

На начальном этапе образцы проходили закалку при температуре -10°C в течение 24 ч, после чего на 24 ч температура снижалась до -20°C , далее, на 24 ч температура снижалась до -30°C , завершающим этапом являлось воздействие температуры -40°C в течение 18 ч. Скорость снижения температуры в климатической камере была приближена к амплитуде изменения среднесуточных температур при резко континентальном климате. Так, например, в Братске она достигает 20 – 30°C . После медленного оттаивания образцов были сделаны поперечные срезы и определены повреждения побегов в закаленном состоянии по II компоненту.

Степень повреждения различных зон: перидермы, флоэмы, камбия, ксилемы, сердцевины оценивалась при помощи микроскопа Микмед-5. Полученные срезы фиксировались с помощью цифровой фотокамеры и выводились на монитор компьютера. Площади поврежденных участков древесины вычислялись при помощи программы AutoCAD. Степень повреждений оценивалась по пятибалльной шкале: 0 баллов – повреждения отсутствуют; 1 балл – 20% повреждений; 2 балла – 40%; 3 балла – 60%; 4 балла – 80%; 5 баллов – 100% повреждений (ткани погибли) [4]. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно районированию территории РФ по природно-климатическим условиям г. Братск относится к IВ климатическому району. Климат региона резко континентальный, характеризующийся большими колебаниями годовой и суточной температур, высокой солнечной радиацией и неравномерным годовым распределением осадков. В целом за год наблюдается 147 дней с отрицательной температурой, 149 – с положительной и 69 – с положительными дневными и отрицательными ночными температурами. Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 114 дней, средняя продолжительность вегетационного периода – 136 дней [5]. Несмотря на тенденцию повышения температуры воздуха последних лет: так, например, в 2016 г. в Иркутской области среднегодовая температура превысила многолетние значения на 1 – 2°C , в 2017 г. – на 1 – 3°C , в середине зимы отмечаются длительные периоды понижения температуры воздуха до -40°C

и ниже. В 2016 г. этот период составил 10 дней, в 2017 г. – 16 дней [6, 7].

В городских насаждениях Братска присутствуют как представители местной флоры: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), берёза повислая (*Betula pendula* Roth) и берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb), рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedl), так и растения-интродуценты: в основном – это тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) и акация жёлтая (карагана) (*Caragana arborescens* Lam.), в незначительных количествах присутствуют некоторые другие виды. На долю представителя североамериканской флоры – *Populus balsamifera* L. приходится 67% всех городских насаждений.

В России и сопредельных государствах (в пределах бывшего СССР) произрастает 34 вида и 8 гибридов рода *Populus*, в азиатской части России распространены 11 видов [8]. Род *Populus* отличается быстротой роста, газоустойчивостью, способностью произрастать на малоплодородных уплотнённых почвах. Все эти качества делают его незаменимым в условиях повышенных антропогенных нагрузок и техногенного загрязнения промышленных городов сибирского региона.

В озеленении городов наиболее распространён тополь бальзамический. В г. Братске большинство деревьев *Populus balsamifera* L. высаживалось в период массового строительства города – в 1960–1970 гг., и, в настоящее время они имеют критический возраст – 40–50 лет, так как в городских условиях продолжительность жизни древесных растений значительно снижается (в естественных условиях тополь растёт 80–90 лет) [9]. Кроме *Populus balsamifera* L. из рода *Populus* на территории г. Братска единично встречаются: тополь белый или серебристый (*Populus alba* L.) и тополь сибирский серебристый, имеющий пирамидальную форму, полученный в результате скрещивания тополя белого и тополя Болле (*Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche).

Populus alba L. введён в озеленение во многих городах Сибири (Новосибирске, Красноярске, Абакане) и др. Везде устойчив и плодоносит, только в Иркутске на открытых местах отмечаются повреждения однолетних побегов [8].

Гибрид тополя *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche. выведен в 1980 г. в центральном ботаническом саду г. Новосибирска методом гибридизации тополя белого с тополем Болле (*Populus alba* L. × *Populus*

Bolleana Lauche). По ритму сезонного развития он близок к тополю белому. Зимостоек, лишь в очень суровые зимы повреждаются концы однолетних побегов [10].


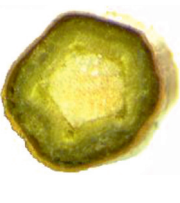

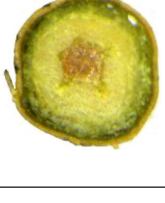














При исследовании морозоустойчивости деревьев рода *Populus* сделаны поперечные срезы однолетних побегов, наиболее характерные из них представлены в табл. 1.

После испытания образцов побегов в естественных условиях по I компоненту зимостойкости у всех трех видов *Populus* отмечены повреждения перидермы: у *Populus alba* L. в среднем – 13,3%, у *Populus balsamifera* L. – 23,4%, у *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche – 24,2%. Флоэма в большей степени повреждена у *Populus balsamifera* L. – 21,4%, в сравнении с *Populus alba* L. – 5,2% и *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche – 6,9%. Повреждения остальных вегетативных органов составляют от 0,2 до 8% (рис. 1, а).

Если проследить наличие повреждений по длине однолетнего побега, можно отметить, что у *Populus balsamifera* L. прослеживается линейная зависимость – меньше всего поврежденных тканей наблюдается в начале побегов – 2,4%, больше всего обмерзают концы побегов – 21,2%. У *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche в начале и середине побегов обмерзание варьирует от 0,8 до 3,5%, а в конце значительно увеличивается – 16,9%. Совершенно другая картина наблюдается у *Populus alba* L. – обмерзание побегов происходит более равномерно по всей длине от 1,6 до 8,5% (рис. 1, б).

Моделирование низких температур в лабораторных условиях вызвало повреждения перидермы у *Populus alba* L. меньше, чем у других видов *Populus* – 32,7%, в сравнении с *Populus balsamifera* L. – 51,2% и *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche. – 57,8%, но начиная с камбиального слоя наблюдается обратная картина: камбий, ксилема и сердцевина однолетних побегов *Populus alba* L. повреждены в значительно большей степени, чем *Populus balsamifera* L. и *Populus alba* L. × *Populus Bolleana* Lauche. (рис. 2, а). Другую зависимость по сравнению с испытанием по I компоненту можно отметить, если проследить наличие повреждений по длине побегов: у *Populus alba* L. В начале и середине побегов отмечаются минимальные повреждения: 5,9 и 8,3% соответственно, а в конце побегов – максимальные значения повреждений – 63,3%, в то время как у других видов *Populus* обмерзание побегов по длине происходит более плавно (рис. 2, б).

Таблица 1
 Поперечные срезы однолетних побегов *Populus*

Вид <i>Populus</i>	После испытаний по I компоненту			После испытаний по II компоненту		
	Начало побега	Середина побега	Конец побега	Начало побега	Середина побега	Конец побега
<i>Populus balsamifera</i> L.						
<i>Populus alba</i> L.						
<i>Populus alba</i> L. × <i>Populus Bolleana</i> Lauche						

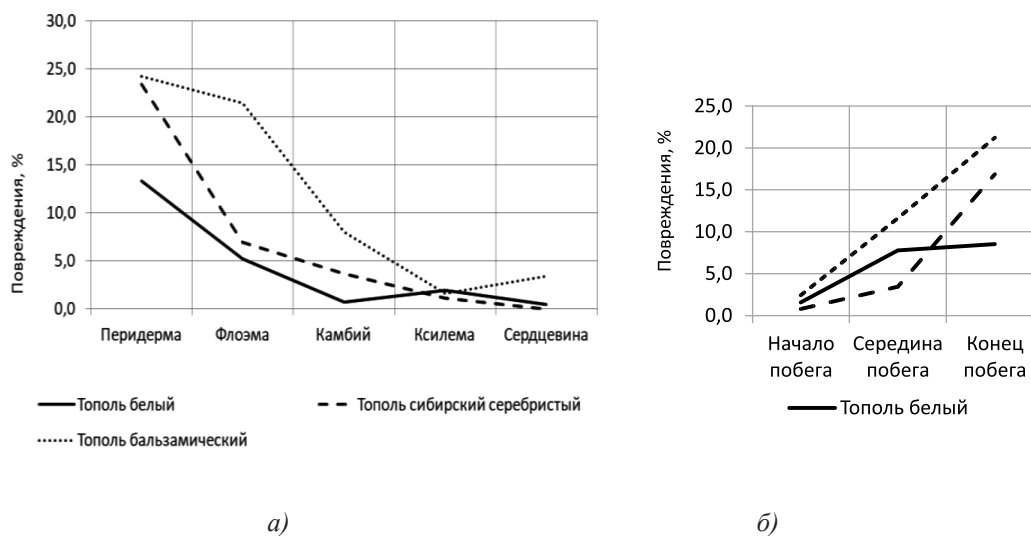


Рис. 1. Обмерзание однолетних побегов древесных растений рода *Populus* после испытания по I компоненту: а) сравнение повреждений вегетативных органов; б) сравнение повреждений по длине побега

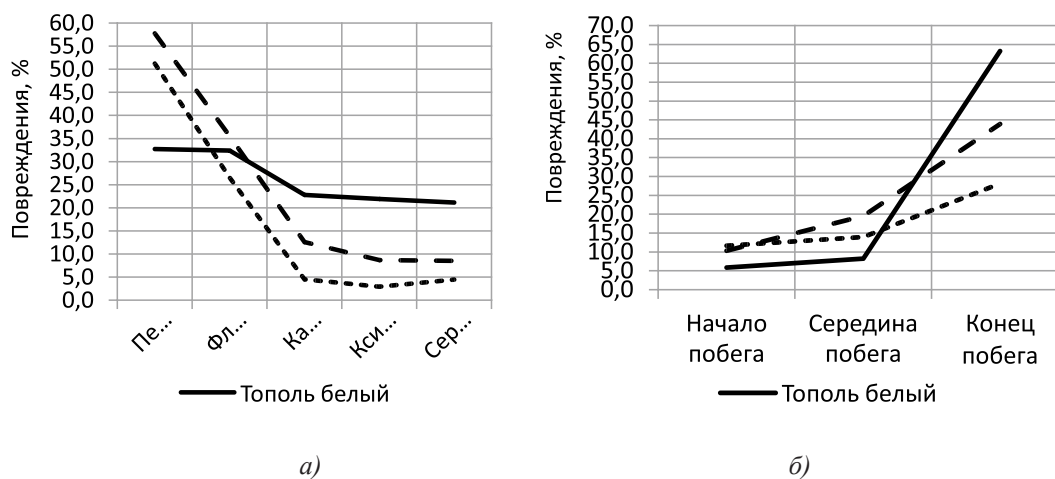


Рис. 2. Обмерзание однолетних побегов древесных растений рода *Populus* после испытания по II компоненту: а) сравнение повреждений вегетативных органов; б) сравнение повреждений по длине побега

Таблица 2

Оценка морозоустойчивости *Populus* в баллах

Наименование зоны среза	после I компонента			после II компонента		
	<i>Populus balsamifera</i> L.	<i>Populus alba</i> L.	<i>Populus alba</i> L. × <i>Populus Bolleana</i> Lauche	<i>Populus balsamifera</i> L.	<i>Populus alba</i> L.	<i>Populus alba</i> L. × <i>Populus Bolleana</i> Lauche
Перидерма	1,21	0,67	1,17	2,56	1,64	2,89
Флоэма	1,07	0,35	0,35	1,33	1,62	1,78
Камбий	0,40	0,04	0,18	0,23	1,14	0,63
Ксилема	0,08	0,06	0,06	0,15	1,10	0,43
Сердцевина	0,17	0,03	0,00	0,22	1,06	0,42
Средний балл	0,59	0,23	0,35	0,90	1,31	1,23

Далее, степень повреждений побегов оценивалась по пятибалльной шкале [4] (табл. 2).

В среднем промерзание вегетативных органов всех видов однолетних побегов рода *Populus* не превышает 2 баллов. После испытаний образцов по I компоненту зимостойкости в естественных условиях в большей степени повреждения отмечаются у *Populus balsamifera* L. – 0,59, после воздействия критических температур в лабораторных условиях – у *Populus alba* L. – 1,31 балла. Степень повреждения вегетативных органов практически всех видов *Populus* уменьшается от перидермы к сердцевине, только у *Populus balsamifera* L. в большей степени повреждена сердцевина, чем ксилема, после испытания по I и II компонентам зимостойкости. У *Populus alba* L. при испытании по I компоненту повреждения ксилемы незначительно превышают повреждения камбия.

Заключение

Как показали проведенные исследования, все три вида *Populus* после первых морозов в ноябре – начале декабря имеют повреждения, не превышающие 1 балла. Чаще всего у испытуемых побегов наблюдается отслоение коры, другие вегетативные органы повреждены незначительно. Более устойчивым к ранним морозам оказался вид *Populus alba* L. – 0,23 балла; менее устойчивым – *Populus balsamifera* L. – 0,59 балла.

Стрессовые воздействия низких температур при испытании по II компоненту зимостойкости лучше других выдержал *Populus balsamifera* L. – 0,90 балла, в большей степени поврежденным оказался *Populus alba* L. – 1,31 балла.

Что касается распределения повреждений по длине побега, можно отметить, что больше повреждаются концы побегов, но у различных видов *Populus* этот процесс происходит по-разному: при испытании по I компоненту у *Populus alba* L. наблюдается более плавное обмерзание по всей длине побега, а при воздействии температуры –40°С у данного вида количество повреждений резко увеличивается на концах побегов.

В целом все три вида *Populus*, произрастающие в зеленых насаждениях г. Братска, обладают достаточно хорошей устойчивостью к воздействию низких температур сибирской зимы: повреждения однолетних побегов не превышают 1,5 баллов. Следует отметить, что продолжительность жизни тополя белого и гибрида (тополя сибирского серебристого) превышает сроки жизни

тополя бальзамического, что особенно важно в условиях городской среды. С учетом достаточно высокой морозостойкости тополя белого и сибирского серебристого, а также учитывая то, что тополь бальзамический находится в критическом состоянии по возрасту и санитарному состоянию, можно рекомендовать постепенную замену тополя бальзамического на посадки тополя белого и тополя сибирского серебристого.

Список литературы / References

1. Залывская О.С., Бабич Н.А. Зимостойкость и морозоустойчивость интродуцентов // Лесной вестник. 2014. № 1. С. 105–109.
2. Zalyvskaia O.S., Babich N.A. Winter hardiness and frost resistance of exotic species // Lesnoy vestnik. 2014. № 1. P. 105–109 (in Russian).
3. Мартынов Л.Г. Ритм сезонного развития и зимостойкость европейских видов древесных растений в подзоне средней тайги Республики Коми // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 5. С. 155–159.
4. Martynov L.G. Rhythm of seasonal development and winter hardiness of European species of woody plants in the subzone of the middle taiga of the Komi Republic // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2015. № 5. P. 155–159 (in Russian).
5. Strimbeck G.R., Schaberg P.G., Fossdal C.G., Schröder W.P., Kjellsen T.D. Extreme low temperature tolerance in woody plants. *Frontiers in Plant Science*. 2015. vol. 6. no. 884. P. 1–15.
6. Тюрина М.М., Гоголева Г.А. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных растений (методические рекомендации). М., 1978. 48 с.
7. Tyurina M.M., Gogoleva G.A. Accelerated assessment of winter hardiness of fruit and berry plants (methodical recommendations). М., 1978. 48 p. (in Russian).
8. Шепер Ц.А., Бабиченко В.Н. Климат Братска. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 168 с.
9. Sheper Ts.A., Babichenko V.N. Climate of Bratsk. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 168 p. (in Russian).
10. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 году». Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017. 274 с.
11. State report «On the state and protection of the environment in the Irkutsk region in 2016». Irkutsk: ООО «Megaprint», 2017. 274 p. (in Russian).
12. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году». Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. 279 с.
13. State report «On the state and protection of the environment in the Irkutsk region in 2017». Irkutsk: ООО «Megaprint», 2018. 279 p. (in Russian).
14. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: Изд-во СО РАН «Гео», 2012. 707 с.
15. Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N. Woody plants of Asian Russia. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN «Geo», 2012. 707 p. (in Russian).
16. Рунова Е.М., Аношкина Л.В. *Populus balsamifera* в озеленении Братска // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 4 (24). С. 141–143.
17. Runova E.M., Anoshkina L.V. *Populus balsamifera* in the landscaping of Bratsk // Sistemy Metody Tekhnologii. 2014. № 4 (24). P. 141–143 (in Russian).
18. Бакулин В.Т., Банаев Е.В., Встовская Т.Н. Древесные растения для озеленения Новосибирска. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. 303 с.
19. Bakulin V.T., Banayev E.V., Vstovskaya T.N. Woody plants for landscaping of Novosibirsk. Novosibirsk: Akademicheskoye izd-vo «Geo», 2008. 303 p. (in Russian).