

СОСТОЯНИЕ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) И ТОПОЛЯ БЕЛОГО (*POPULUS ALBA* L.) В УРБОЭКОСИСТЕМАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.М. Рунова✉, И.А. Гарус

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Россия, 665709, г. Братск, ул. Макаренко, д. 40
runova0710@mail.ru

Рассмотрены существенные изменения состояния представителей рода Тополь в городских урбоэкосистемах Иркутской области, связанные с явлениями глобального потепления. Установлено, что климат за период 2021 по 2024 гг. претерпел существенные изменения — среднегодовые температуры повысились на 1,3...1,5 °C. С 2023 г. посадки тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) и тополя белого (*Populus alba* L.) стали подвергаться грибным заболеваниям, которые ранее массово не наблюдались. Представлены результаты исследования листовых пластинок тополя бальзамического, тополя белого и частично осины за 2023–2024 годы. Определена доля пораженных болезнями растений относительно общего количества обследованных деревьев. Выявлено поражение бурой пятнистостью листьев у 50...60 % деревьев после эпифитотии листовой ржавчиной тополя. Обнаружена ответная реакция на болезни листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в виде обильного плодоношения и повышенного образования поросли. В 2024 г. отмечено незначительное поражение листовой ржавчиной листьев тополя белого (*Populus alba* L.). Проведено изучение прироста тополя по высоте, диаметру ствола и боковому линейному приросту. Установлена зависимость прироста от степени формовки деревьев, направления по сторонам света, а также от годового хода температур. Отмечен наибольший прирост в самый теплый 2024 г. Обнаружена высокая порослевая способность тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), которая позволяет отнести данный вид к инвазионным. Выявлена наибольшая устойчивость тополя белого к изменяющимся природным условиям, поражению грибными заболеваниями, а также практическое отсутствие образования поросли и формирование меньшего количества сережек и, соответственно, пуха в условиях Иркутской области.

Ключевые слова: потепление, климат, тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), тополь белый (*Populus alba* L.), ржавчина листьев, прирост, плодоношение

Ссылка для цитирования: Рунова Е.М., Гарус И.А. Состояние тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) и тополя белого (*Populus alba* L.) в урбоэкосистемах Иркутской области // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 5. С. 149–163. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-5-149-163

Оценка состояния тополей в городских условиях признается актуальной, поскольку во многих городах России тополь преобладает в их озеленении. Тополя являются живым фильтром в условиях техногенного загрязнения. Уровень поглощаемых тополем газообразных и пылевидных частиц в разы превосходит многие иные древесные породы, используемые в озеленении — он задерживает в своих кронах более 30 кг пыли и сажи за год [1–3].

В промышленных городах Сибири с высоким загрязнением аэрозолями и пылью представители рода Тополь имеют неоценимое экологическое значение. Кроме поглощения пылевидных и газообразных частиц, они морозоустойчивые и быстрорастущие деревья. В Сибири в озеленении широко применяют та-

кие виды тополей, как тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), тополь черный (*Populus nigra* L.), тополь белый (*Populus alba* L.). В Братске преобладает тополь бальзамический, который составляет от 67 до 70 % общего количества древесных растений [3–6]. В Иркутске тополь бальзамический составляет более 50 %, тополь белый — 5 % общего количества произрастающих деревьев. Наряду с тополем бальзамическим (*Populus balsamifera* L.) из рода *Populus* (подрод Бальзамические тополя *Balsamifera*) на территории городов Иркутск и Братск в небольшом количестве встречаются тополь белый или тополь 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). Тополь белый (*Populus alba* L.) введен в озеленение во многих городах Сибири

(Новосибирск, Красноярск, Абакан) [2]. Тополь белый и осина (*P. tremula* L.) относятся к под-роду Белые тополя (*Populus*). Исследования состояния рода Тополь проводились также за рубежом, многие авторы [7–13], отмечали его быстрый рост, высокую степень повреждения болезнями и вредителями. Длительное время в условиях резко континентального климата тополя редко массово болели и подвергались воздействию вредителей. Тополя, произрастающие в городских условиях, отличаются высокой степенью устойчивости к различным неблагоприятным факторам в окружающей среде и различным болезням. Однако в последнее время стали появляться сведения о снижении жизнестойкости тополей.

Цель работы

Цель работы — исследование состояния представителей рода Тополь в условиях городов Иркутской области на примере Иркутска и Братска, их устойчивости к грибным заболеваниям, влиянии массового поражения листовой ржавчиной тополя (*Melampsora larici-populina* Kleb.), бурой пятнистости листьев (*Marssonina populi* Sacc.) на общее состояние насаждений, а также на их прирост и плодоношение.

Материалы и методы

В целях изучения состояния тополя бальзамического и тополя белого на современном этапе проведено сопоставление природно-климатических условий городов Иркутской области за период с 2021 по 2024 гг. [14]. Обследованы деревья и листья на наличие наиболее распространенных заболеваний: ржавчины и бурой пятнистости с помощью сделанных фотографий и микроскопа, выполнено уточнение типа болезни и рассчитана доля повреждения листовых пластинок, определено и соотношение (в процентах) пораженных деревьев относительно общего количества обследованных деревьев. Кроме того, проведена сравнительная оценка плодоношения тополей в 2023 и 2024 гг. путем высушивания собранных сережек до абсолютно сухого состояния (а. с. с.), измерены морфометрические показатели, масса сережек и коробочек, прирост за 2021–2024 гг. по высоте для неформованных и формованных деревьев и поросли. В частности, определен боковой прирост по длине и диаметру ствола по методике И.В. Кармановой [15]. Возраст клонов тополя бальзамического определяли по количеству годичных колец на спилах. При диаметре ствола 10 см и более возраст определялся по кернам,

взятым возрастным буравом на высоте 10 см от земли. Категории состояния деревьев устанавливались в соответствии с Правилами [16].

Исследования проводились в течение 2021–2024 гг. в наиболее крупных городах Иркутской области (Иркутск и Братск). В целях определения поражения деревьев тополя листовой ржавчиной было исследовано 1924 дерева и 2560 листьев тополя бальзамического, 1456 листьев тополя серебристого, 567 листьев осины. Оценка плодоношения проводилась в течение 2023–2024 гг. Всего обследовано 290 деревьев для оценки плодоношения тополя бальзамического (1260 сережек) и тополя белого (784 сережки). Оценка категорий состояния тополя проведена на 1622 деревьев по данным 2021 и 2024 гг.; в 2021 г. обследовано 579 в 2024 г. — 1043 дерева. Прирост по высоте тополя бальзамического и тополя белого определялся для совокупности исследованных деревьев, численность которых составила 1750 экземпляров. Исследования бокового прироста проводили на 10 модельных растениях по 5 деревьев каждого вида (*Populus balsamifera* L. и *Populus alba* L.), у которых измеряли по 16 ветвей нижней трети кроны по периметру. Измеряли по 4 боковых побега с каждой из четырех сторон света (север, восток, юг и запад). Всего измерено 640 боковых побегов. Морфометрические показатели клонов тополя бальзамического в условиях г. Братска определялись по материалам измерения 563 порослевых экземпляров.

Результаты и обсуждение

В период последних десятилетий все более заметно проявляется глобальное потепление, в частности в условиях Сибири. Прослеживается более интенсивная динамика повышения температурных значений, чем в европейской части Российской Федерации (табл. 1).

Как следует из табл. 1, за период с 2021 по 2024 гг. среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,5 °С, средняя температура самого холодного месяца (января) повысилась на 4,7 °С. Иркутск расположен несколько южнее, однако и в нем прослеживается увеличение среднегодовой температуры на 1,3 °С (с 1,6 до 2,9 °С).

Такие существенные изменения отразились на росте и развитии многих растений, в том числе тополей, в городских посадках. Данные особенности климата способствуют появлению грибковых заболеваний на листьях, в частности ржавчины, вызываемой грибами рода *Melampsora* (*Melampsora larici-populina* Kleb., *Melampsora alli-populina* Kleb., *Melampsora*

Т а б л и ц а 1

Динамика температур в г. Братск (°C) по месяцам
за период 2021–2024 гг., по данным метеостанции

Temperature dynamics in Bratsk (°C) by month for the period 2021–2024, according to weather station data

Год	Ян- варь	Фев- раль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Но- ябрь	Де- кабрь	Средне- годовая темпе- ратура
2021	–23,4	–17,5	–7,2	0,4	6,2	14,7	20,0	16,8	7,8	2,4	–4,8	–16,2	–0,1
2022	–17,2	–16,7	–8,6	2,2	10,6	15,9	17,2	12,9	7,7	2,1	–7,8	–17,3	0,1
2023	–19,9	–13,7	–5,0	–2,4	7,3	15,4	19,8	17,8	11,2	4,9	–9,2	–19,1	0,6
2024	–18,7	–18,9	–6,1	2,0	10,0	15,8	21,8	18,3	7,7	1,2	–4,2	–11,9	1,4

Т а б л и ц а 2

Суммарный коэффициент погоды по городам Братск и Иркутск
за июль периода 2021–2024 гг.

Total weather coefficient for the cities of Bratsk and Irkutsk for July 2021–2024

Суммарный коэффици- ент погоды	2021		2022		2023		2024		Среднее много- летнее значение
	Абсо- лютное значение	Относи- тельное значение	Абсо- лютное значение	Относи- тельное значение	Абсо- лютное значение	Относи- тельное значение	Абсо- лютное значение	Относи- тельное значение	
Минимальная температура воздуха, °С									
Братск	8,5	0,62	3,8	0,28	10,0	0,73	11,6	0,85	13,7
Иркутск	8,7	0,64	8,4	0,62	10,5	0,78	12,7	0,94	13,5
Количество осадков, мм									
Братск	38	0,63	149	2,48	32	0,53	84	1,4	60,0
Иркутск	131	1,23	110	1,04	84	0,79	105	0,99	106,0
Суммарный коэффициент погоды									
Братск	0,39		0,69		0,39		1,19		–
Иркутск	0,78		0,64		0,61		0,93		–

pinitorgua Rostr. и *Melampsora larici-tremulae* Kleb.), бурой пятнистости (возбудитель — гриб *Marssonina populi* Sacc.).
Исследованиями установлено [17], что в 2023 г. в большинстве городов Иркутской области впервые произошла эпифитотия листовенной ржавчины тополя (ЛРТ) бальзамического (возбудитель *Melampsora larici-populina* Kleb.). В целях сопоставления поражаемости различных видов тополей был выполнен анализ состояния всех видов рода *Populus*, встречающихся в городских посадках в пределах Иркутской области. Тополь белый (*Populus alba* L.) оказался наиболее устойчивым к ЛРТ. На обследованных деревьях не были зафиксированы следы поражения ржавчиной. Следует отметить, что тополь белый (*Populus alba* L.) не так широко распространен в городских насаждениях, как тополь бальзамический. К тому же осина

(*P. tremula* L.) практически не была повреждена ржавчиной, лишь на отдельных листьях были замечены единичные урединопустулы [17].
Считается, что возникновение массового поражения листовой ржавчиной зависит от температуры воздуха и количества осадков в июле, когда проявляются признаки заболевания. В связи с этим, многие авторы рекомендуют определять суммарный коэффициент погоды за июль или в целом за вегетационный период (табл. 2) [18–22].
Суммарный коэффициент погоды за июль 2021–2024 гг. составил по Братску — 0,39 (2021), 0,69 (2022), 0,39 (2023) и 1,19 (2024), Иркутску — 0,78 (2021), 0,64 (2022), 0,61 (2023) и 0,93 (2024), что достаточно низко. При расчете учитывались минимальные значения температуры воздуха, которые в пределах Иркутской области могут достигать всего +3,8 °C в июле.

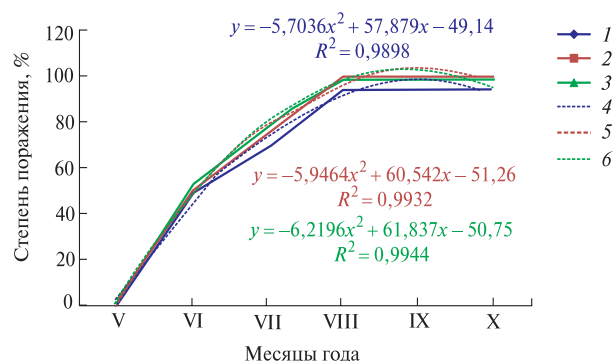


Рис. 1. Динамика поражения деревьев *Populus balsamifera* L. листовой ржавчиной (*Melampsora larici-populina* Kleb.) в 2023 г. в условиях Иркутской области: 1 — степень повреждения неформованных деревьев; 2 — степень повреждения формованных деревьев; 3 — степень повреждения поросли; 4–6 — линии тренда в виде полиномиальных кривых второй степени и уравнения линий тренда

Fig. 1. Dynamics of leaf rust (*Melampsora larici-populina* Kleb.) damage to *Populus balsamifera* L. trees in 2023 in the Irkutsk region: 1 — degree of damage to unshaped trees; 2 — degree of damage to shaped trees; 3 — degree of damage to shoots; 4–6 — trend lines in the form of second-degree polynomial curves and trend line equations

В условиях Братска летом выпадает малое количество осадков — 32...38 мм, что подтверждает сравнительно небольшое значение суммарного коэффициента погоды за исследуемый период. Согласно исследованиям И.И. Минкевича и др. [18–20] при значениях данного коэффициента менее 1,0 наблюдается стадия депрессии заболевания, более 1,0 — происходит эпифитотия болезни. Согласно этому, в 2023 г. в Братске и Иркутске не должна была наступить эпифитотия, а 2024 г., возможно, был бы под массовым поражением ЛРТ, но именно в 2023 г. при низком значении суммарного коэффициента погоды случилась эпифитотия, т. е. прогнозирование не оправдалось. По этой причине в целях подтверждения прогнозов развития ЛРТ в Иркутской области необходим постоянный контроль состояния деревьев на предмет заболевания ЛРТ и выявление критериев оценки природных и климатических факторов для прогнозирования эпифитотий непосредственно для Иркутской области с ее резко континентальным климатом.

При оценке поражения грибами *Melampsora larici-populina* Kleb. отдельно учитывались деревья с неформованной и формованной кронами, а также поросль тополя бальзамического, широко распространенная вблизи от формованных или погибших деревьев.

Как видно из рис. 1, первые признаки болезни проявились в начале июня на вегетативных экземплярах тополя бальзамического, степень пораженных деревьев в это время не превышало 50 %. В июле резко увеличилось количество пораженных деревьев, при этом менее поврежденными оказались неформованные деревья, а формованные деревья и поросль были более сильно поражены грибами *Melampsora larici-populina* Kleb, что подтверждает ослабление защитных свойств растений, подвергающихся формовке, а также вегетативных клонов с крупными молодыми листьями. В остальные месяцы вегетационного периода доля пораженных деревьев оставалась на уровне июля. Именно по этой причине июль был взят за основу оценки состояния и прогнозирования протекания заболевания.

Как отмечают многие авторы [22–30], листья рода Тополь сильно подвержены грибным заболеваниям (рис. 2).

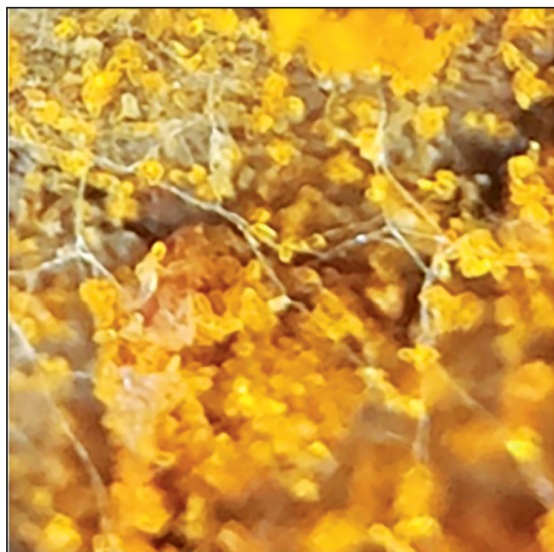
В конце июля — начале августа 2023 г. началась дефолиация крон, вплоть до их полного оголения. В августе — начале сентября в связи с теплой и довольно влажной погодой было отмечено набухание и разverzание почек, появление листьев. Таким образом, произошли существенные изменения в фенологических фазах тополя бальзамического, что в результате привело к ослаблению его популяции в начале 2024 г.

В 2024 г. продолжались исследования фитосанитарного состояния насаждений различных видов рода Тополь в Иркутске и Братске. После массового поражения ЛРТ листья стали интенсивно поражаться бурой пятнистостью. Взрослые деревья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) оказались пораженными на 50...60 % бурой пятнистостью листьев (возбудитель — гриб *Marssonina populi* Sacc.) (рис. 3, а), что вызвало раннее опадение листьев у сильно пораженных деревьев. Молодая поросль этого тополя (*Populus balsamifera* L.), кроме того, была частично поражена ЛРТ. У тополя белого в 2024 г. проявились признаки поражения грибами *Melampsora larici-populina* (рис. 3).

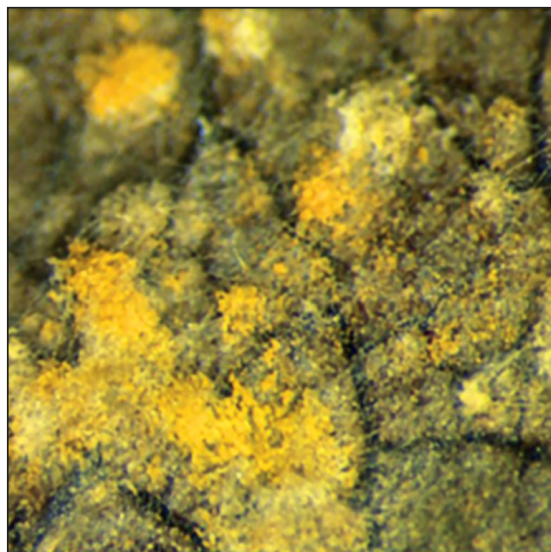
На листьях тополя белого (*Populus alba* L.) с наружной и внутренней стороны появились урединопустулы, содержащие одноклеточные урединоспоры (рис. 4).

В августе на верхней стороне пораженных листьев образуется телиостадия, которая имеет вид темно-коричневых, почти черных коростинков (см. рис. 3).

Как результат общего ослабления деревьев тополя бальзамического после эпифитотии летом 2024 г. отмечено обильное плодоношение и пушение тополя.



а



б

Рис. 2. Вид пораженных листовых пластинок тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), пораженных грибами *Melampsora larici-populina*: а — на внутренней стороне листа видны скопления урединопустул; б — на наружной стороне листа образуется мозаичная окраска с частично выступающими урединопустулами

Fig. 2. The appearance of the affected leaf blades of *Populus balsamifera* L affected by *Melampsora larici-populina*: а — clusters of oidium pustules are visible on the inner side of the leaf; б — the outer side of the leaves shows a mosaic pattern with partially protruding oidium pustules



а



б



в

Рис. 3. Основные виды повреждения тополей в 2024 г.: а — бурая пятнистость (*Marssonina populi* Sacc.) на листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.); б — наружная сторона листьев тополя белого (*Populus alba* L.); в — внутренняя поверхность листьев тополя белого (*Populus alba* L.), пораженного ЛРТ (*Melampsora larici-populina* Kleb.)

Fig. 3. The main types of damage to poplars in 2024: а — leaf rust (*Marssonina populi* Sacc.) on the leaves of *Populus balsamifera* L.; б — the outer side of the leaves of *Populus alba* L.; в — the inner surface of the leaves of *Populus alba* L., affected by leaf rust (*Melampsora larici-populina* Kleb.)

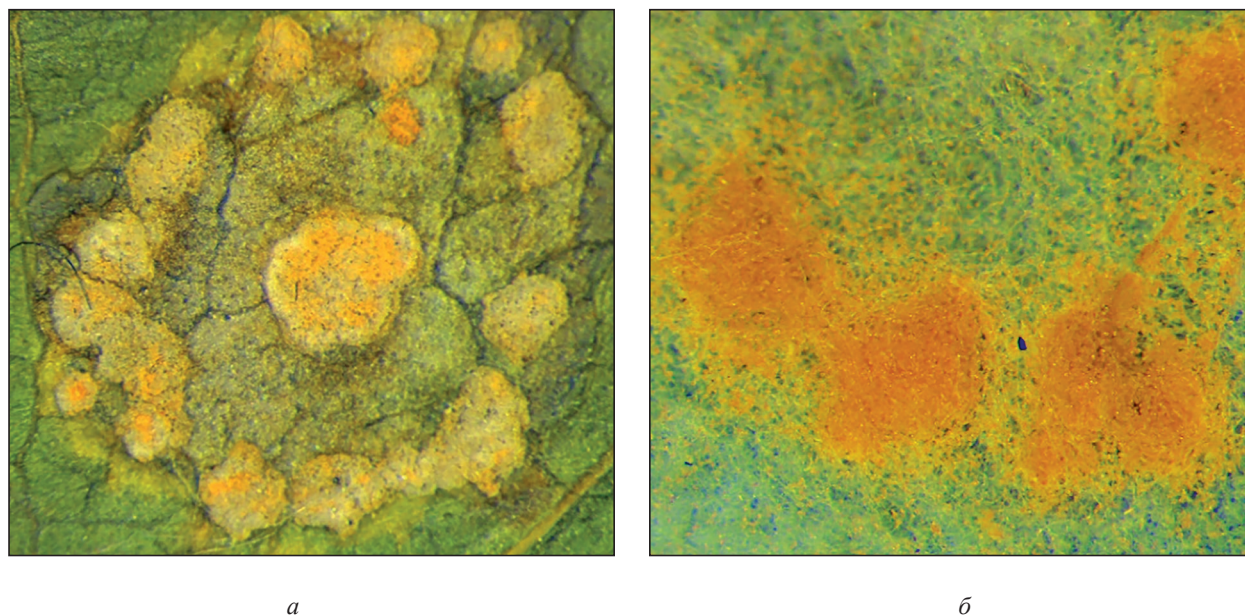


Рис. 4. Вид поражения листьев тополя белого *Populus alba* L. ЛРТ: *a* — наружная сторона листа; *б* — внутренняя сторона листа

Fig. 4. The type of damage to the leaves of *Populus alba* L. by leaf rust under a microscope: *a* — the outer side of the leaf; *б* — the inner side

Т а б л и ц а 3

Морфометрические показатели сережек тополя бальзамического *Populus balsamifera* L и тополя белого *Populus alba* L.

Morphometric parameters of *Populus balsamifera* L and *Populus alba* L. catkins

Показатель	Тополь бальзамический		Тополь белый	
	2023	2024	2023	2024
Длина сережек, мм	119,52 ± 4,71	127,30 ± 5,38	98,64 ± 3,99	9,93 ± 0,41
Длина коробочек, мм	4,06 ± 0,18	5,12 ± 0,24	2,98 ± 0,13	4,43 ± 0,18
Ширина коробочек, мм	5,23 ± 0,28	7,01 ± 0,32	2,07 ± 0,09	2,12 ± 0,10
Среднее количество коробочек на сережках, шт.	18,8 ± 0,67	19,4 ± 0,81	12,4 ± 0,51	15,7 ± 0,63
Масса сережек в абсолютно сухом состоянии, г	0,398 ± 0,014	0,737 ± 0,030	0,299 ± 0,022	0,383 ± 0,017
Масса коробочек в абсолютно сухом состоянии, г	0,024 ± 0,001	0,038 ± 0,001	0,024 ± 0,001	0,024 ± 0,001

Массовое поражение тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) ЛРТ привело к изменениям плодоношения деревьев (табл. 3).

Как видно из табл. 3, после эпифитотии у тополя бальзамического существенно повысилась плодоносность, выразившееся в значительном увеличении его обилия, размеров и количества сережек, коробочек с семенами.

За период исследований (2021–2024) в связи с ослаблением тополя бальзамического под воздействием массового распространения болезней листьев отмечено ухудшение жизненного состояния деревьев, выразившееся в снижении балла категории посадок тополя. Так, по иссле-

дованиям 2021 г. и 2024 г., изменения в категориях состояния модельных деревьев составило в среднем 12,6 %. Всего в 2021 г. обследовано 579 деревьев, в 2024 г. — 1043 дерева (табл. 4).

Как следует из табл. 4, средняя категория состояния исследованных деревьев ухудшилась с 2,30 до 2,59 баллов, т. е. состояние деревьев тополя бальзамического в 2021 г. можно охарактеризовать как ослабленное, в 2024 г. состояние оценивается как сильно ослабленное. В 2024 г. существенно снизилось процентное соотношение здоровых деревьев — на 10,9 %, что произошло вследствие снижения качества кроны, которое выражается в изреживании кроны

Т а б л и ц а 4

**Оценка жизненного состояния деревьев тополя бальзамического
по категориям состояния**

Assessment of the vital condition of balsamic poplar trees by condition categories

Категория состояния	Характеристика категории	2021		2024	
		Количество деревьев, шт.	Доля, %	Количество деревьев, шт.	Доля, %
1	Здоровые (без признаков ослабления)	107	18,5	79	7,6
2	Ослабленные	273	47,3	513	49,1
3	Сильно ослабленные	123	21,3	251	24,1
4	Усыхающие	67	11,4	152	14,6
5	Погибшие	9	1,8	48	4,6
Средний балл категории состояния		2,3		2,59	

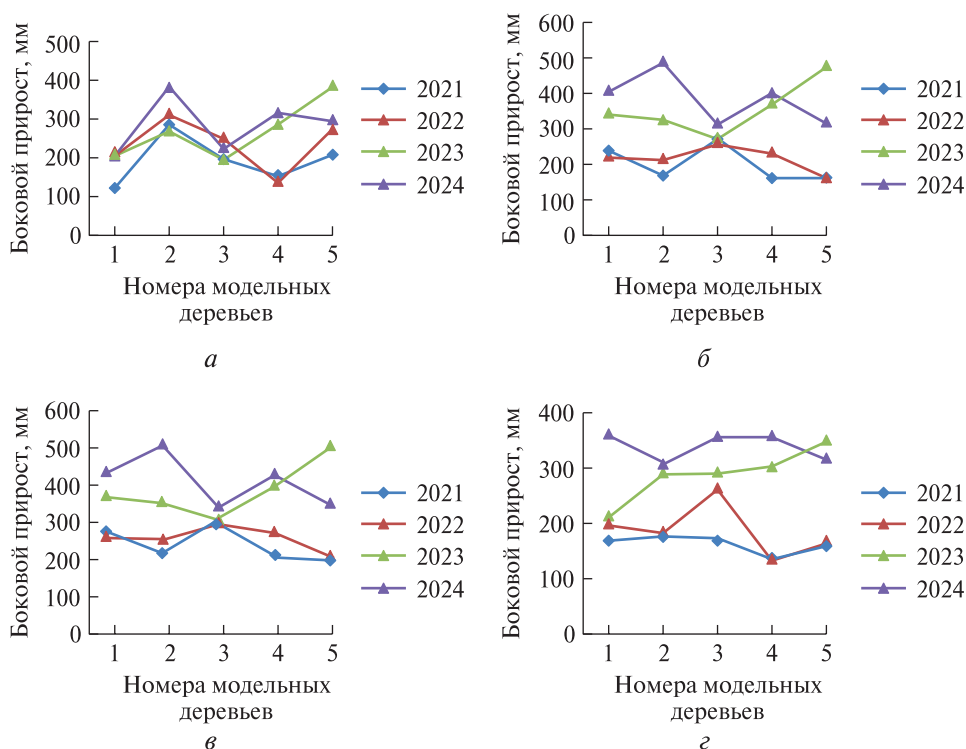


Рис. 5. Прирост боковых побегов тополя белого (*Populus alba* L.): а — в северном направлении; б — в восточном; в — в южном; г — в западном направлении

Fig. 5. Lateral shoots growth of *Populus alba* L.: а — in the northern direction; б — in the eastern direction; в — in the southern direction; г — in the western direction

и изменении цвета листьев в результате поражения листьев бурой пятнистостью, последующего скручивания и усыхания листьев. Увеличилось количество ослабленных деревьев — на 1,8 %, количество сильно ослабленных возросло на 2,8 % в связи с проявлением угнетения кроны, а также ствола, которое выражается в многочисленных водяных побегах. Водяные побеги встречаются практически на всех деревьях тополя, подвергшихся формовке кроны. Они

приводят к ослаблению деревьев и снижению декоративности посадок. Также произошло увеличение количества усыхающих и погибших деревьев — соответственно на 2,9 и 2,8 %. По причине ослабления деревьев начали усыхать кронированные и деревья, подвергшиеся радикальной формовке кроны.

Состояние тополей отразилось на приросте [21–33]. Исследованы 10 модельных растений по пять деревьев каждого вида, у которых

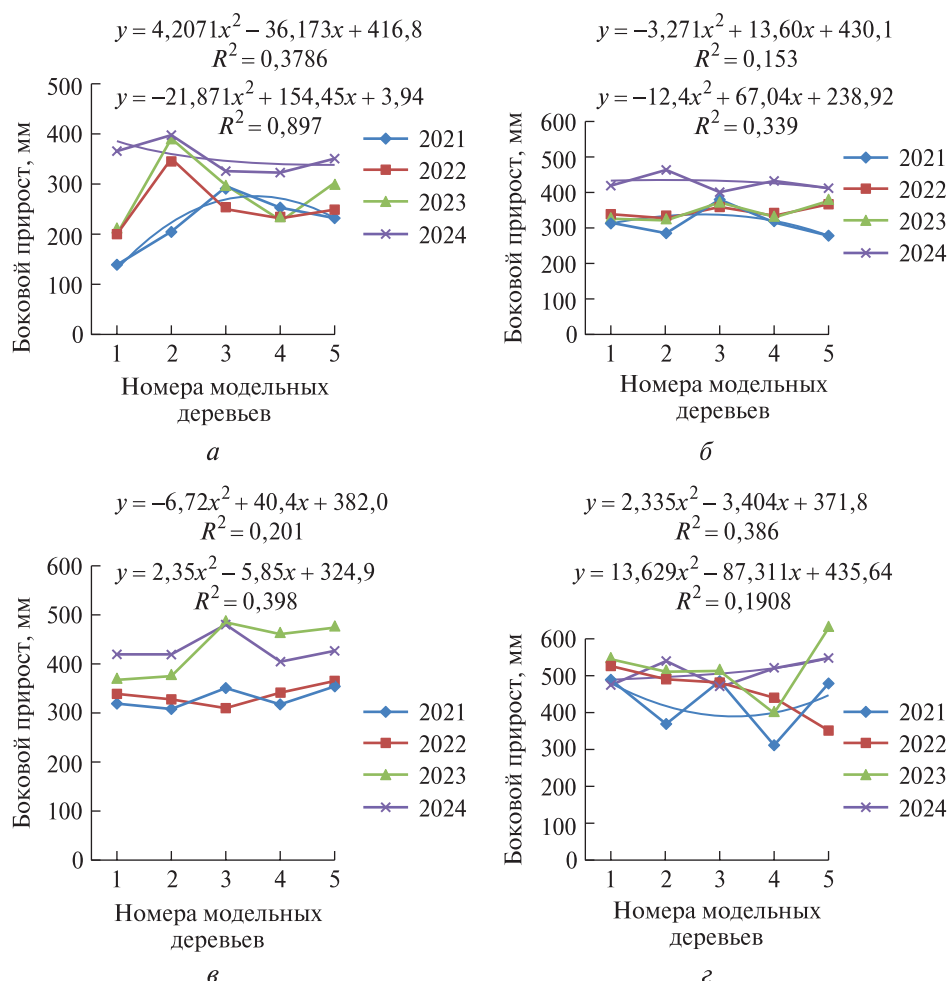


Рис. 6. Боковой прирост тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.): а — в северном направлении; б — в восточном; в — в южном; г — в западном направлении
Fig. 6. Lateral growth of *Populus balsamifera* L.: а — in the northern direction; б — in the eastern direction; в — in the southern direction; г — in the western direction

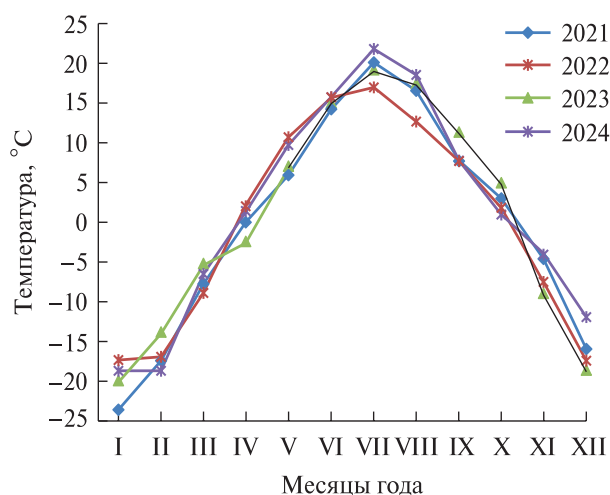


Рис. 7. Годовой ход температуры по метеостанции (Братск)
Fig. 7. Annual cycle of temperature at Bratsk weather station

измеряли по 16 ветвей нижней трети кроны по периметру. Измеряли по четыре боковых побега с каждой из четырех сторон света. Годичный прирост боковых побегов в длину и по диаметру измеряли ежегодно (2021–2024) с помощью линейки и электронного штангенциркуля с точностью до 0,01 мм.

Прирост боковых побегов тополя бальзамического значительно выше, чем прирост тополя белого, при этом, приросты по разным сторонам света несколько отличаются (рис. 5, рис. 6).

Как видно из рис. 5 и 6, наименьший боковой прирост отмечен в северном и западном направлениях, наибольший — в южном и восточном. Прирост у тополя бальзамического выше, чем у тополя белого в среднем на 15...20 %. В целях установления влияния климатических факторов на боковой прирост составлен годовой ход температуры по метеостанции (Братск) с 2021 по 2024 гг. (рис. 7).

На рис. 7 видно, что в 2024 г. была самая высокая среднегодовая температура воздуха, а 2021 г. оказался наиболее холодным, чем другие годы исследования, что отражает динамика прироста.

Прирост по высоте тополя бальзамического и тополя белого определялся для совокупности исследованных деревьев, численность которых составила 1750 экземпляров. Для установления среднего общего прироста дерева подразделили на неформованные, формованные и молодую поросль (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Сравнительный анализ среднего общего прироста по высоте и диаметру ствола *Populus balsamifera* L. и *Populus alba* L.

Comparative analysis of the average total height and dimeter growth of *Populus balsamifera* L. and *Populus alba* L.

Показатель	Деревья	Тополь бальзамический	Тополь белый
Средний ежегодный прирост по высоте, м/год	Неформованные	0,59	0,39
	Формованные	0,78	—
	Поросль	1,14	—
Средний ежегодный прирост по диаметру ствола, мм/год	Неформованные	6,72	—
	Формованные	4,93	—
	Поросль	41,1	—

Как видно из табл. 5, тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) дает большой прирост по высоте — от 0,59 до 1,14 м/год, что для условий резко континентального климата является очень высоким показателем. Прирост по диаметру ствола также достаточно высок. Прирост тополя белого приведен только для неформованных деревьев, поскольку деревья не подвергались формовке, поросль его также не зафиксирована для условий Братска.

Тополь — единственное дерево, которое систематически подвергается кронированию и санитарным обрезкам в городских условиях, преимущественно вдоль улично-дорожной сети, хотя отдельные деревья жилых кварталов, в парках. Кронирование, т. е. радикальная обрезка, зачастую проводится с полной обрезкой ветвей выше определенного уровня (3–4 м), причем после санитарной обрезки от дерева может остаться пенёк. Подобные мероприятия значительно сокращают срок жизни дерева, открывают его проводящие ткани для гнили и фактически уничтожают пыле- и шумозащитную, а также декоративную функцию.

Средний возраст посадок тополя бальзамического в Братске составляет 60...70 лет — город молодой, посадки проводились одновременно с его строительством. В Иркутске, старинном сибирском городе, имеются тополя старшего возраста. Продолжительность жизни тополей в условиях промышленного загрязнения окружающей природной среды и рекреационной нагрузки сокращается на 20...30 лет. После 1990 гг. организованных посадок тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в Братске и Иркутске не было.

Однако тополь бальзамический активно распространялся здесь благодаря вегетативному размножению. Отсюда возникает мнение об отнесении тополя бальзамического к категории инвазионных видов [34–38]. В Сибирском федеральном округе (Кемеровская, Омская и Томская области) тополь бальзамический определен как инвазионный вид категории 3 — «чужеродные виды, расселяющиеся и натурализующиеся в настоящее время в нарушенных местообитаниях; в ходе дальнейшей натурализации некоторые из них смогут внедриться в полустественные и естественные сообщества» [34–38].

Исследования [40] показали, что в Иркутске как инвазионный вид наиболее распространен клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), второе место среди инвазионных видов занимает тополь бальзамический (по данным 2017 г.). В Братске более суровый климат, поэтому тополь бальзамический, родиной которого является Северная Америка, успешно прошел натурализацию и проявляет типичные признаки инвазионного вида. Тополь бальзамический, широко используемый при озеленении городов Иркутской области с советских времен, только в 2008 г. был включен во флору области и отнесен к культивируемым и натурализующимся видам [40].

После формовки кроны, удаления аварийных деревьев тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) дает многочисленные корневые отпрыски. Исследования корневой системы тополя бальзамического проводились методом раскопок и по измерению расстояния последних клонов от материнского дерева. Установлена положительная корреляция между высотой дерева и размером корневой системы тополя бальзамического. Экспериментальным путем определена длина боковых корней, примерно равная высоте дерева. Корневая система тополя бальзамического очень мощная, в городских условиях боковые корни часто залегают неглубоко, при этом часто разрушают плиточное и асфальтовое покрытие своими корнями. Как показали наши исследования, одно дерево дает

Т а б л и ц а 6

Морфометрические показатели клонов тополя бальзамического в условиях Братска
Morphometric parameters of balsam poplar clones in the conditions of Bratsk

Показатель	Возраст, лет					
	1	2	3	4	5	8
Диаметр на высоте 1,3 м от поверхности земли, см	—	1,2 ± 0,09	3,2 ± 0,19	3,9 ± 0,21	5,7 ± 0,38	11,3 ± 0,98
Высота, м	1,4 ± 0,91	2,1 ± 0,17	2,9 ± 0,19	3,6 ± 0,32	4,3 ± 0,61	6,2 ± 0,56
Высота начала кроны, м	—	—	—	0,5 ± 0,01	1,7 ± 0,08	2,0 ± 0,11
Особенности габитуса, жизненная форма	Кустарниковая форма, основной ствол не выделен	Начинается формирование основного ствола, крона опущена до земли	Сформирован ровный, малосбежистый ствол, крона опущена до земли	Форма дерева, крона приподнята над землей	Форма дерева, крона приподнята над землей	Форма дерева, крона приподнята над землей

поросль в радиусе 10–25 м в количестве до 40...50 шт. Корневые отпрыски могут пробивать асфальт и прорасти на тротуарах. Вегетативная поросль имеет большой прирост по высоте. Зафиксирован максимальный ежегодный прирост поросли — до 126 см/год. Выполнен эксперимент, в котором 23 июля 2023 г. была полностью срезана поросль и через месяц — 23 августа 2023 г. — определена высота отросших побегов. За 30 сут. порослевые побеги достигли высоты 96...118 см. Из поросли к пяти годам вырастают полностью сформированные деревья высотой до 5 м и диаметром ствола на высоте 1,3 м от поверхности земли 10...12 см.

Согласно исследованиям В.В. Чепиного и др. [39], процент озелененности территории в центральной части Иркутска не превышает 20 %, а в Братске — 10 %. Особенности городской инфраструктуры Иркутска и Братска заключается в том, что оба города расположены на обоих берегах р. Ангары, где застройка неравномерная по площади, причем большие площади заняты частным сектором с низким уровнем благоустройства. В связи с этим для представителей рода Тополь создаются условия для захвата неблагоустроенных территорий. Расселение тополя в Иркутске и Братске происходит на малозастроенных территориях, пустырях, внутридомовых участках, где имеются большие площади без построек и дорожных покрытий.

Исследования формирования групп клонов тополя бальзамического проводились в различных частях городов, наибольшее количество замеров выполнено на придомовых территориях. Как правило, это группы растений чис-

ленностью 7...15 экземпляров, являющиеся клонами одного материнского растения. Среднее расстояние между особями составляло от 60 до 1,3 м (табл. 6).

Как видно из табл. 6, клоны тополя бальзамического развиваются очень быстро — уже на второй год у поросли начинает формироваться основной ствол, а в возрасте 4 лет крона начинает подниматься над землей и формируется дерево лесного типа. У некоторых деревьев в возрасте 8...10 лет наблюдается поражение стволовой гнилью, поскольку продолжительность жизни клонов вегетативного происхождения ниже, чем растений, выращенных методом черенкования в декоративных питомниках.

Выводы

Можно сделать выводы о признаках инвазивности тополя бальзамического в условиях городов Иркутской области. Особенно признаки агрессивного расселения вида начали проявляться в 2010–2020 гг. вследствие изменений климата, в частности повышения среднегодовых и средних значений температуры воздуха в течение вегетационного периода на 1,3...1,5 °С, особенно в 2021–2024 гг., а также увеличения продолжительности вегетационного периода.

Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) наиболее подвержен таким грибковым заболеваниям, как ЛРТ, вызываемая грибами *Melampsora larici-populina* Kleb, и бурая пятнистость листьев, вызываемая грибами *Marssonina populi* Sacc. Тополь белый (*Populus alba* L.) частично поражается ЛРТ. Осина в городских условиях также оказалась более устойчивой.

В 2023 г. во всех городах Иркутской области проявилась эпифитотия ЛРТ у тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), преобладающего в озеленении, более 90 % деревьев были поражены этим заболеванием при поражении более 60 % листовой пластинки.

Ответной реакцией тополя бальзамического после эпифитотии ЛРТ стало повышенное плодоношение, выразившееся в увеличении размеров сережек, коробочек с семенами и увеличении массы сережек и коробочек на 85,2 и 58,3 % соответственно по сравнению с 2023 г.

Прирост деревьев тополя бальзамического и тополя белого по высоте и боковой прирост коррелируют с ходом годовых температур, который постепенно увеличивается. Наибольший боковой прирост приходится на восточное и южное направление, причем прирост тополя бальзамического выше прироста тополя белого на 15...20 %.

Тополь бальзамический проявляет признаки инвазионного вида, особенно в Братске, где он занимает до 70 % общего количества древесных растений. Все молодые особи тополя бальзамического имеют порослевое происхождение, отличаются высокой энергией роста. Зафиксирован максимальный ежегодный прирост поросли — до 126 см/год.

По общей устойчивости к болезням и вредителям, продолжительности жизни, меньшей побегообразовательной способности, меньшей степени плодоношения и пушению тополь белый (*Populus alba* L.) более предпочтителен для городов Иркутской области, чем тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.).

Список литературы

- [1] Корлыханов М.С., Корлыханова Т.В. Пылезадерживающая способность листовой поверхности тополя свердловского серебристого пирамидального в условиях г. Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала, 2008. № 10. С. 93–94.
- [2] Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: Гео, 2012. 707 с.
- [3] Консенсусный документ по биологии тополя *Populus* L. // Гармонизация регуляторного надзора в области биотехнологии. Париж: Директорат по охране окружающей среды ОЭСР, 2000. № 16. 25 с.
- [4] Бакулин В.Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблем // Сибирский экологический журнал, 2005. № 4. С. 563–571.
- [5] Рунова Е.М., Аношкина Л.В. *Populus balsamifera* в озеленении Братска // Системы. Методы. Технологии, 2014. № 4 (24). С. 141–143.
- [6] Runova E., Verkhoturov V., Anoshkina L. Assessment of the Condition of Balsam Poplar Trees (*Populus balsamifera* L.) in a Residential Area of Bratsk // Acta silvae et Ligni, 2021, v. 126, pp. 53–60.
- [7] Charles J.G., Nef L., Allegro G. Insect and other pests of poplars and willows // Poplars and willows: Trees for society and the environment, 2014, v. 22 (8), pp. 459–526. DOI: 10.1079/9781780641089.0000
- [8] Coaloa D., Nervo G. Poplar wood production in Europe on account of market criticalities and agricultural, forestry and energy policy // Actas del Tercer Congreso Internacional de las Salicaceas en Argentina «Los alamos y los sauces junto al paisaje y el desarrollo productivo de la Patagonia». Neuquen, Argentina, 2011, p. 9.
- [9] Dickmann D.I., Kuzovkina J. Poplars and willows in the world, with emphasis on silviculturally important species // Poplars and willows: Trees for society and the environment, 2014, v. 22 (8), p. 91. DOI: 10.1079/9781780641089.0008
- [10] Du S.H., Wang Z.S., Ingvarsson P.K. Multilocus analysis of nucleotide variation and speciation in three closely related *Populus* (Salicaceae) species // Mol. Ecol., 2015, v. 24, p. 4994–5005. DOI: 10.1111/mec.13368
- [11] Eckenwalder J.E. Systematics and evolution of *Populus* // Biology of *Populus* and its implications for management and conservation / Eds. R.F. Stettler, H.D. Bradshaw Jr., P.E. Heilman, T.M. Hinkley. NRC Research Press, National Research Council Canada, Ottawa, ON, 1996, pp. 7–32.
- [12] FAO Poplars and Willows in Wood Production and Land Use. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1980, p. 328.
- [13] Gennaro M., Giorelli A. The biotic adversities of poplar in Italy: a reasoned analysis of factors determining the current state and future perspectives // Annals of Silvicultural Research, 2019, v. 43(1), pp. 41–51. DOI: 10.12899/asr-1817
- [14] Сайт «Погода и климат». URL: <https://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения 12.05.2025).
- [15] Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Наука, 1976. 221 с.
- [16] Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». URL: <https://base.garant.ru/75037636/> (дата обращения 19.12.2023)
- [17] Рунова Е.М., Новоселова О.И. Эпифитотийное развитие листовой ржавчины тополя бальзамического в городах Иркутской области // J. of Agriculture and Environment, 2023. № 12 (40). DOI: 10.23649/JAE.2023.40.4
- [18] Минкевич И.И., Варенцова Е.Ю. Прогноз развития листовой ржавчины тополя (возбудитель *Melampsora populina* / Pers / Lev.) в зеленых насаждениях Санкт-Петербурга // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2012. № 199. С. 64–72.
- [19] Басова С.В., Минкевич И.И. Листовая ржавчина тополя. Л.: ЛТА, 1999. 44 с.
- [20] Степанов К.М. Грибные эпифитотии. М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1962. 472 с.
- [21] Синчук Н.В., Курченко В.П. Устойчивость различных видов тополей (*Populus* spp.) к заболеваниям и комплексу вредителей // Экобиотех, 2021. Т. 4. № 3. С. 210–220.
- [22] Сурина Т.А., Копина М.Б., Смирнова А.В. Ржавчина тополя, вызываемая грибами рода *Melampsora* //

- Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: Материалы Третьей Всерос. конф. с междунар. участием. Москва, 11–15 апреля 2022 г. М.; Красноярск: Изд-во ИЛ СО РАН, 2022. С. 134–136.
- [23] Томошевич М.А., Воробьева И.Г. Патогенная микобиота листьев рода *Populus* L. в ландшафтных объектах крупных городов Сибири // Вестник НГАУ, 2016. № 1. С. 42–51.
- [24] Чекмарев В.В., Зеленева Ю.В., Конькова Э.А. Построение формул прогноза болезней растений на основе граничных значений факторов погоды // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2017. № 4(66). С. 15–22.
- [25] Макарова Т.А., Первалова Ю.В. Фитосанитарное состояние видов рода *Populus* L. в насаждениях города Сургута // Сборник научных трудов биологического факультета, 2010. Вып. 7. С. 36–45.
- [26] Wang Z., Du S., Dayanandan S. Phylogeny Reconstruction and Hybrid Analysis of *Populus* (Salicaceae) Based on Nucleotide Sequences of Multiple Single-Copy Nuclear Genes and Plastid Fragments // PLoS ONE, 2014, v. 9(8), e103645. DOI: 10.1371/journal.pone.0103645
- [27] White J. Black poplar: the most endangered native timber tree in Britain. Forestry Authority Research Division, 1993, no. 239, p. 4.
- [28] Widin K.D., Schipper A.L. Effect of *Melampsora* leaf rust infection on yield of hybrid poplars in the north central United States // Eur. J. For. Path., 1981, v. 11, pp. 438–448.
- [29] Wu J.H., Li Z., Zhou Z.B. Forecast model of poplar black spot caused by *Marssonina brunnea* // For. Pest Dis., 2012, v. 31, pp. 5–8.
- [30] Zhang Y., Tian L., Yan D.-H. Genome-Wide Transcriptome Analysis Reveals the Comprehensive Response of Two Susceptible Poplar Sections to *Marssonina brunnea* Infection // Genes, 2018, v. 9(3), p. 154. DOI: 10.3390/genes9030154
- [31] Кирюшин Н.О., Мишенина М.П., Кружилин С.Н. Годовые приросты тополя пирамидального при кронировании // Успехи современного естествознания, 2014. № 8. С. 122–124.
- [32] Федорова О.А., Савчук Д.А. Влияние экологических факторов на радиальный прирост тополя бальзамического в г. Томске // Вестник КрасГАУ, 2013. № 3. С. 84–90.
- [33] Лежнева С.В., Тюкавина О.Н. Зависимость радиального прироста тополя бальзамического от климатических факторов в городе Архангельске // Общество. Среда. Развитие, 2015. № 1. С. 169–174.
- [34] Эбель А.Л., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н., Аненхонов О.А., Анкипович Е.С., Антипова Е.М., Верхозина А.В., Ефремов А.Н., Зыкова Е.Ю., Михайлова С.И., Пликина Н.В., Рябовол С.В., Силантьева М.М., Степанов Н.В., Терехина Т.А., Чернова О.Д., Шауло Д.Н. Инвазионные и потенциально инвазионные виды Сибири // Бюллетень Главного ботанического сада, 2014. № 1. С. 52–62.
- [35] Черная книга флоры Сибири / под ред. Ю.К. Виноградовой, А.Н. Куприянова. Новосибирск: Гео, 2016. 440 с.
- [36] Roy D.B. Invasive alien species in Europe: a review of the patterns, trends and impacts reported by the DAISIE project // IOBC/WPRS Bulletin, 2010, v. 58, pp. 91–95.
- [37] Yeryomenko Yu.A. Allelopathic Activity of Invasive Arboreal Species 2075 1117 // Russian J. of Biological Invasions, 2014, no. 2, pp. 33–39.
- [38] Richardson D.M., Pyšek P., Carlton J.T. A compendium of essential concepts and terminology in biological invasions // Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton. Oxford: Blackwell Publishing, 2011, pp. 409–420.
- [39] Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions // Diversity & Distrib., 2000, v. 6, pp. 93–107.
- [40] Чепинога В.В., Солодянкина С.В., Иванова В.П. Особенности распространения некоторых культивируемых древесных растений в историческом центре г. Иркутска (Восточная Сибирь) // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2017. № 40. С. 102–115

Сведения об авторах

Рунова Елена Михайловна✉ — д-р с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», runova0710@mail.ru

Гарус Иван Александрович — канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», ivan-garus@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.03.2025.

Одобрено после рецензирования 18.08.2025.

Принята к публикации 08.09.2025.

BALSAMIC POPLAR (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) AND WHITE POPLAR (*POPULUS ALBA* L.) CONDITIONS IN IRKUTSK REGION'S URBAN ECOSYSTEMS

E.M. Runova✉, I.A. Garus

Bratsk State University, 40, Makarenko st, 665709, Bratsk, Irkutsk reg., Russia

runova0710@mail.ru

Significant changes in the state of representatives of the poplar genus in urban ecosystems of the Irkutsk region related to global warming phenomena are considered. It was found that the climate has undergone significant changes over the period 2021 to 2024, with an increase in average annual temperatures from 1,30 to 1,50 °C. Since 2023, balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.) and (*Populus alba* L.) plantings have begun to be affected by fungal diseases, which had not previously been widespread. Leaf blades of balsamic poplar, white poplar and, partially, aspen leaves were studied during 2023–2024, as well as a percentage of diseased plants from the total number of trees examined. It was found that after epiphytosis with poplar leaf rust (LRT), the leaves of 50...60 % of the trees were affected by brown spotting. The response to diseases of the leaves of *Populus balsamifera* L. was abundant fruiting and increased growth. A minor lesion of LRT was noted on the leaves of *Populus alba* L. in 2024. The study of poplar growth in height, diameter and lateral linear growth was carried out. It was found that the increase depends on the degree of shaping of the trees, the direction of the cardinal directions. There is a direct dependence of the increase on the annual temperature course. The warmest year in 2024 saw the largest increase. There is a high growth capacity of *Populus balsamifera* L., which allows us to pay attention to this species as an invasive one. As a result of the research, it was revealed that the white poplar was the most resistant to changing natural conditions and fungal diseases. Also, white poplar (*Populus alba* L.) practically does not form shoots in the Irkutsk region and produces fewer catkins and, accordingly, fluff.

Keywords: warming, climate, balsamic poplar, white poplar, leaf rust, growth, fruiting

Suggested citation: Runova E.M., Garus I.A. *Runova E.M., Garus I.A. Sostoyanie topolya bal'zamicheskogo (Populus balsamifera L.) i topolya belogo (Populus alba L.) v urboekosistemakh Irkutskoy oblasti* [Balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.) and white poplar (*Populus alba* L.) conditions in Irkutsk region's urban ecosystems]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2025, vol. 29, no. 5, pp. 149–163.

DOI: 10.18698/2542-1468-2025-5-149-163

References

- [1] Korlykhanov M.S., Korlykhanova T.V. *Pylezaderzhivayushchaya sposobnost' listovoy poverkhnosti topolya sverdlovskogo serebristogo piramidal'nogo v usloviyakh g. Ekaterinburga* [Dust-holding capacity of the leaf surface of the Sverdlovsk silver pyramidal poplar in the conditions of Yekaterinburg]. *Agrarnyy vestnik Urals* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2008, no. 10, pp. 93–94.
- [2] Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N. *Drevesnye rasteniya Aziatskoy Rossi* [Woody plants of Asian Russia]. Novosibirsk: Geo, 2012, 707 p.
- [3] *Konsensusnyy dokument po biologii topolya Populus L.* [Consensus document on the biology of poplar *Populus L.*]. *Garmonizatsiya regul'yatornogo nadzora v oblasti biotekhnologii* [Harmonization of regulatory oversight in the field of biotechnology]. Paris: OECD Environment Directorate, 2000, no. 16, 25 p.
- [4] Bakulin V.T. *Ispol'zovanie topolya v ozelenenii promyshlennykh gorodov Sibiri: kratkiy analiz problem* [The use of poplar in landscaping industrial cities of Siberia: a brief analysis of the problems]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Ecological J.], 2005, no. 4, pp. 563–571.
- [5] Runova E.M., Anoshkina L.V. *Populus balsamifera v ozelenenii Bratska* [Populus balsamifera in landscaping Bratsk]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2014, no. 4 (24), pp. 141–143.
- [6] Runova E., Verkhotourov V., Anoshkina L. *Assessment of the Condition of Balsam Poplar Trees (Populus balsamifera L.) in a Residential Area of Bratsk*. *Acta silvae et Ligni*, 2021, v. 126, pp. 53–60.
- [7] Charles J.G., Nef L., Allegro G. *Insect and other pests of poplars and willows. Poplars and willows: Trees for society and the environment*, 2014, v. 22 (8), pp. 459–526. DOI: 10.1079/9781780641089.0000
- [8] Coaloa D., Nervo G. *Poplar wood production in Europe on account of market criticalities and agricultural, forestry and energy policy*. *Actas del Tercer Congreso Internacional de las Salicaceas en Argentina «Los alamos y los sauces junto al paisaje y el desarrollo productivo de la Patagonia»*. Neuquen, Argentina, 2011, p. 9.
- [9] Dickmann D.I., Kuzovkina J. *Poplars and willows in the world, with emphasis on silviculturally important species. Poplars and willows: Trees for society and the environment*, 2014, v. 22 (8), p. 91. DOI: 10.1079/9781780641089.0008
- [10] Du S.H., Wang Z.S., Ingvarsson P.K. *Multilocus analysis of nucleotide variation and speciation in three closely related Populus (Salicaceae) species*. *Mol. Ecol.*, 2015, v. 24, p. 4994–5005. DOI: 10.1111/mec.13368
- [11] Eckenwalder J.E. *Systematics and evolution of Populus. Biology of Populus and its implications for management and conservation*. Eds. R.F. Stettler, H.D. Bradshaw Jr., P.E. Heilman, T.M. Hinkley. NRC Research Press, National Research Council Canada, Ottawa, ON, 1996, pp. 7–32.

- [12] FAO Poplars and Willows in Wood Production and Land Use. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1980, p. 328.
- [13] Gennaro M., Giorcelli A. The biotic adversities of poplar in Italy: a reasoned analysis of factors determining the current state and future perspectives. *Annals of Silvicultural Research*, 2019, v. 43(1), pp. 41–51. DOI: 10.12899/asr-1817
- [14] Weather and Climate. Available at: <https://www.pogodaiklimat.ru> (accessed 12.05.2025).
- [15] Karmanova I.V. *Matematicheskie metody izucheniya rostav i produktivnosti rasteniy* [Mathematical methods for studying plant growth and productivity]. Moscow: Nauka, 1976, 221 p.
- [16] *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 9 dekabrya 2020 g. № 2047 «Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoy bezopasnosti v lesakh»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 No. 2047 «On approval of the Rules for sanitary safety in forests»]. Available at: <https://base.garant.ru/75037636/> (accessed 19.12.2023)
- [17] Runova E.M., Novoselova O.I. *Epifitotinoe razvitie listovoy rzhavchiny topolya bal'zamicheskogo v gorodakh Irkutskoy oblasti* [Epiphytotic development of balsam poplar leaf rust in the cities of the Irkutsk region]. *J. of Agriculture and Environment* [J. of Agriculture and Environment], 2023, no. 12 (40). DOI: 10.23649/JAE.2023.40.4
- [18] Minkevich I.I., Varentsova E.Yu. *Prognoz razvitiya listovoy rzhavchiny topolya (vozбудitel' Melampsora populina / Pers / Lev.) v zelenykh nasazhdeniyakh Sankt-Peterburga* [Forecast of poplar leaf rust development (pathogen *Melampsora populina* / Pers / Lev.) in green spaces of St. Petersburg]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy], 2012, no. 199, pp. 64–72.
- [19] Basova S.V., Minkevich I.I. *Listovaya rzhavchina topolya* [Poplar leaf rust]. Leningrad: LTA, 1999, 44 p.
- [20] Stepanov K.M. *Gribnye epifitotii* [Fungal epiphytoses]. Moscow: Publishing house of agricultural literature, 1962, 472 p.
- [21] Sinchuk N.V., Kurchenko V.P. *Ustoychivost' razlichnykh vidov topoley (Populus spp.) k zabolevaniyam i kompleksu vrediteley* [Resistance of various poplar species (*Populus* spp.) to diseases and pest complexes]. *Ekobiotekh* [Ecobiotech], 2021, v. 4, no. 3, pp. 210–220.
- [22] Surina T.A., Kopina M.B., Smirnova A.V. *Rzhavchina topolya, vyzyvayemaya gribami roda Melampsora* [Poplar rust caused by fungi of the genus *Melampsora*]. *Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vrediteley i patogenov drevesnykh rasteniy: ot teorii k praktike: materialy tret'ey Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Monitoring and biological methods of control of pests and pathogens of woody plants: from theory to practice: Proceedings of the Third All-Russian Conference with international participation]. Moscow, April 11–15, 2022. Moscow, Krasnoyarsk: IL SB RAS, 2022, pp. 134–136.
- [23] Tomoshevich M.A., Vorob'eva I.G. *Patogennaya mikrobiota list'ev roda Populus L. v landshaftnykh ob'ektakh krupnykh gorodov Sibiri* [Pathogenic mycobiota of leaves of the genus *Populus* L. in landscape objects of large cities of Siberia]. *Vestnik NGAU* [Bulletin of NGAU], 2016, no. 1, pp. 42–51.
- [24] Chekmarev V.V., Zeleneva Yu.V., Kon'kova E.A. *Postroenie formul prognoza bolezney rasteniy na osnove granichnykh znacheniy faktorov pogody* [Construction of formulas for forecasting plant diseases based on the boundary values of weather factors]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Issues of modern science and practice. University named after V.I. Vernadsky], 2017, no. 4 (66), pp. 15–22.
- [25] Makarova T.A., Perevalova Yu.V. *Fitosanitarnoe sostoyanie vidov roda Populus L. v nasazhdeniyakh goroda Surguta* [Phytosanitary condition of species of the genus *Populus* L. in plantings of the city of Surgut]. *Sbornik nauchnykh trudov biologicheskogo fakul'teta* [Collection of scientific papers of the biological faculty], 2010, iss. 7, pp. 36–45.
- [26] Wang Z., Du S., Dayanandan S. Phylogeny Reconstruction and Hybrid Analysis of *Populus* (Salicaceae) Based on Nucleotide Sequences of Multiple Single-Copy Nuclear Genes and Plastid Fragments. *PLoS ONE*, 2014, v. 9(8), e103645. DOI: 10.1371/journal.pone.0103645
- [27] White J. Black poplar: the most endangered native timber tree in Britain. Forestry Authority Research Division, 1993, no. 239, p. 4.
- [28] Widin K.D., Schipper A.L. Effect of *Melampsora* leaf rust infection on yield of hybrid poplars in the north central United States. *Eur. J. For. Path.*, 1981, v. 11, pp. 438–448.
- [29] Wu J.H., Li Z., Zhou Z.B. Forecast model of poplar black spot caused by *Marssonina brunnea*. *For. Pest Dis.*, 2012, v. 31, pp. 5–8.
- [30] Zhang Y., Tian L., Yan D.-H. Genome-Wide Transcriptome Analysis Reveals the Comprehensive Response of Two Susceptible Poplar Sections to *Marssonina brunnea* Infection. *Genes*, 2018, v. 9(3), p. 154. DOI: 10.3390/genes9030154
- [31] Kiryushin N.O., Mishenina M.P., Kruzhilin S.N. *Godovye prirosty topolya piramidal'nogo pri kronirovani* [Annual growth of pyramidal poplar during crown formation]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2014, no. 8, pp. 122–124.
- [32] Fedorova O.A., Savchuk D.A. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na radial'nyy prirost topolya bal'zamicheskogo v g. Tomske* [The influence of environmental factors on the radial growth of balsam poplar in Tomsk]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU], 2013, no. 3, pp. 84–90.
- [33] Lezhneva S.V., Tyukavina O.N. *Zavisimost' radial'nogo prirosta topolya bal'zamicheskogo ot klimaticheskikh faktorov v gorode Arkhangel'ske* [Dependence of radial growth of balsam poplar on climatic factors in the city of Arkhangelsk]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie* [Society. Environment. Development], 2015, no. 1, pp. 169–174.
- [34] Ebel' A.L., Strel'nikova T.O., Kupriyanov A.N., Anenkhonov O.A., Ankipovich E.S., Antipova E.M., Verkhovina A.V., Efremov A.N., Zyкова E.Yu., Mikhaylova S.I., Plikina N.V., Ryabovol S.V., Silant'eva M.M., Stepanov N.V., Terekhina T.A., Chernova O.D., Shaulo D.N. *Invazionnye i potentsial'no invazionnye vidy Sibiri* [Invasive and potentially invasive species of Siberia]. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden], 2014, no. 1, pp. 52–62.
- [35] *Chernaya kniga flory Sibiri* [Black Book of the Flora of Siberia]. Ed. Yu.K. Vinogradova, A.N. Kupriyanova. Novosibirsk: Geo, 2016, 440 p.

- [36] Roy D.B. Invasive alien species in Europe: a review of the patterns, trends and impacts reported by the DAISIE project. IOBC/WPRS Bulletin, 2010, v. 58, pp. 91–95.
- [37] Yeryomenko Yu.A. Allelopathic Activity of Invasive Arboreal Species 2075 1117. Russian J. of Biological Invasions, 2014, no. 2, pp. 33–39.
- [38] Richardson D.M., Pyšek P., Carlton J.T. A compendium of essential concepts and terminology in biological invasions. Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton. Oxford: Blackwell Publishing, 2011, pp. 409–420.
- [39] Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity & Distrib, 2000, v. 6, pp. 93–107.
- [40] Chepinoga V.V., Solodyankina S.V., Ivanova V.P. *Osobennosti rasprostraneniya nekotorykh kul'tiviruemykh drevesnykh rasteniy v istoricheskom tsentre g. Irkutsk (Vostochnaya Sibir')* [Features of the distribution of some cultivated woody plants in the historical center of Irkutsk (Eastern Siberia)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya [Bulletin of Tomsk State University. Biology], 2017, no. 40, pp. 102–115.

Authors' information

Runova Elena Mikhaylovna✉ — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Bratsk State University, runova0710@mail.ru

Garus Ivan Aleksandrovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Head of the Department of Reproduction and Processing of Forest Resources of the Bratsk State University, ivan-garus@yandex.ru

Received 25.03.2025.

Approved after review 18.08.2025.

Accepted for publication 08.09.2025.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest