



УДК 551.5 DOI 10.21685/2500-0578-2026-1-5

ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ В ГОРОДСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

М. С. Любов¹, О. И. Недосеко²

^{1, 2} Арзамасский филиал Национального исследовательского Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского, Арзамас, Россия

¹ lubov.arz@mail.ru, ² nedoseko@bk.ru

Аннотация. Существование и развитие растений на конкретной локальной территории определяется в первую очередь местоположением, рельефом, почво-грунтами и микроклиматом данного участка. Особенно заметно проявляется влияние на растения городского микроклимата. Любой крупный город представляет собой своеобразный «остров тепла». Кроме того, в городе иные условия увлажнения, ветровой режим, освещенность и т.п. При этом в городе есть локально-ограниченные территории, где микроклиматические условия проявляются с еще большей контрастностью. Так, на территории учебного Ботанического сада при Арзамасском государственном педагогическом институте имени А. П. Гайдара в условиях небольшого и ограничено-полузамкнутого участка создаются особые микроклиматические условия, позволяющие выращивать относительно теплолюбивые и экзотические растения, многие из которых интродуценты, а также охраняемые виды. Мониторинг микроклиматических условий ботанического сада позволяет выявить возможности культивирования различных интересных растений в аналогичных локально-ограниченных местах города. Обобщение опыта выращивания декоративных растений в ботаническом саду позволяет рационально реализовывать работы по озеленению города и служить полезной информацией для населения города. Следует заметить, что исследований на тему «Влияние микроклиматических условий локально малых городских территорий на произрастание растений» недостаточно. Цель работы – выявление возможностей микроклимата ботанического сада для выращивания декоративных растений, в том числе растений-интродуцентов и охраняемых видов в условиях городской среды европейской части России. Для анализа были выбраны основные погодно-климатические показатели. Фиксировались температура воздуха (минимальная, максимальная, средняя суточная), осадки (их наличие, вид, количество), направление и скорость ветра, характер облачности и т.п. Кроме того, регистрировались даты некоторых фенологических явлений (первый и последний заморозок, переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С, начало активного снеготаяния, начало цветения определенных первоцветов, появление листьев на березе, начало пожелтения листвы и др.). При этом фиксировались метеорологические данные и даты наступления фенологических явлений, конкретно, в ботаническом саду и в городе в качестве фоновых показателей. Анализ наблюдений показывает, что на локально закрытых участках, а именно на территории ботанического сада, микроклиматические условия более благоприятны, нежели в целом по городу. В пределах ботанического сада теплее в среднем на 1–3 °С и весь год у поверхности земли наблюдается штилевой режим. Безморозный период на территории сада заметно продолжительнее, соответственно и вегетация растений продолжается дольше, чем в целом по городу. Примерно на неделю раньше, чем по городу, в ботаническом саду начинается цветение первоцветов и почти на две недели дольше задерживается пожелтение листьев и их листопад. Полученные результаты наблюдений показывают существенную контрастность в микроклиматических различиях ботанического сада и фоновых городских условий. В саду теплообеспеченность выше, преобладает штилевой режим, безморозный период длиннее, вегетация растений продолжительнее, что способствует выращиванию теплолюбивых и экзотических растений.

Ключевые слова: ботанический сад, микроклиматические различия, Арзамасский филиал Национального исследовательского Нижегородского государственного университета, декоративные растения, растения-интродуценты, охраняемые виды

Для цитирования: Любов М. С., Недосеко О. И. Влияние микроклимата на рост и развитие растений в городском ботаническом саду // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2026. Vol. 11 (1). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2026-1-5>

MICROCLIMATE IMPACT ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT IN AN URBAN BOTANICAL TEACHING GARDEN

M.S. Lyubov¹, O.I. Nedoseko²

^{1,2} Arzamas Branch of N.I. Lobachevsky National Research University, Arzamas, Russia

¹lubov.arz@mail.ru, ²nedoseko@bk.ru

Abstract. The existence and development of plants in a particular local area is determined primarily by the location, topography, soils and microclimate of the site. The influence of the urban microclimate on plants is particularly noticeable. Any large city is a kind of "island of warmth". In addition, the city has different humidification conditions, wind conditions, illumination, etc. At the same time, there are locally limited territories in the city where microclimatic conditions manifest themselves with even greater contrast. Thus, on the territory of the A.P. Gaidar ASPI Botanical Garden, in a small and limited-semi-enclosed area, special microclimatic conditions are created that allow the cultivation of relatively thermophilic and exotic plants, many of which are introduced, as well as protected species. Monitoring of the microclimatic conditions of the botanical garden makes it possible to identify the possibilities of cultivating various interesting plants in similar locally restricted areas of the city. Generalization of the experience of growing ornamental plants in the botanical garden makes it possible to rationally implement urban landscaping and serve as useful information for the city's population. It should be noted that there is not enough research on the influence of microclimatic conditions of locally small urban areas on plant growth. The aim of the work is to identify the possibilities of the microclimate of the botanical garden for growing ornamental plants, including introduced plants and protected species in the urban environment of the European part of Russia. *Materials and methods.* The main weather and climate indicators were selected for the analysis. The air temperature (minimum, maximum, average daily), precipitation (its presence, type, quantity), wind direction and speed, the nature of clouds, etc. were recorded. In addition, the dates of some phenological phenomena were recorded (the first and last frost, the transition of the average daily air temperature through 0 °C, the beginning of active snowmelt, the beginning of the flowering of certain primroses, the appearance of leaves on birch, the beginning of yellowing of foliage, etc.). At the same time, meteorological data and dates of occurrence of phenological phenomena were recorded, specifically in the botanical garden and in the city as background indicators. *Results.* The analysis of observations shows that in locally closed areas, namely in the territory of the botanical garden, the microclimatic conditions are more favorable than in the city as a whole. It is warmer on average by 1–3 °C within the botanical garden and a calm regime is observed near the earth's surface all year round. The frost-free period in the garden is noticeably longer, and the vegetation of plants lasts longer than in the whole city. Primroses begin to bloom in the botanical garden about a week earlier than in the city, and the yellowing of leaves and their leaf fall are delayed for almost two weeks longer. *Conclusions.* The obtained observation results show a significant contrast in the microclimatic differences between the botanical garden and the background urban conditions. In the garden, the heat supply is higher, the calm regime prevails, the frost-free period is longer, the vegetation of plants is longer, which contributes to the cultivation of thermophilic and exotic plants.

Keywords: botanical garden, microclimatic differences, Arzamas branch of the National Research University, ornamental plants, introduced plants, protected species

For citation: Lyubov M.S., Nedoseko O.I. Microclimate impact on plant growth and development in an urban botanical teaching garden. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2026;11(1). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2026-1-5>

Введение

Крупномасштабное промышленное освоение территорий некоторых регионов вызывает экологический кризис, одним из способов преодоления которого является сохранение флористического разнообразия. В связи с этим возрастает роль ботанических садов по сохранению растений *ex situ* [1, 2].

История ботанических садов России начинается в XVIII в. с создания Аптекарского огорода в Москве [3]. В настоящее время в России насчитывается более 100 ботанических садов и дендрологических парков, из которых 39 садов

Минобрнауки (ботанических госуниверситетских садов), выставленных на сайтах [4].

Ботанические сады выполняют различные функции: создание и развитие коллекционных и экспозиционных фондов живых растений; сохранение биоразнообразия *in situ* (в естественной среде) и *ex situ* (в условиях культуры); учебно-методическую и учебную базы практик; эколого-образовательную; культурно-просветительскую; рекреационную [5].

Главная научная цель ботанических садов состоит в сохранении биоразнообразия растений, их интродукции и охране [4]. Интродукция предполагает обогащение растительных

ресурсов данного региона за счет ресурсов мировой флоры [6]. К основным условиям, определяющим возможность интродукции, относятся климат и почвы. Влияние некоторых абиотических условий на растения, как холмистость рельефа, экспозиция, температура, описаны многими авторами [7–10], влияние микроклиматических условий локально малых городских территорий на произрастание растений изучено недостаточно.

Обобщение опыта выращивания растений в ботаническом саду позволяет рационально реализовывать работы по озеленению города и служить полезной информацией для населения города.

Цель работы – выявление возможностей микроклимата Ботанического сада для выращивания растений-интродуцентов и охраняемых видов в условиях города Арзамаса Нижегородской области.

Материалы и методы

Наблюдения по выявлению влияния микроклиматических условий на растения в Ботаническом саду проводились в течение 10 лет, с 2015 г. по 2025 г. включительно. Использовались классические методы сезонных наблюдений [11, 12]. Для анализа были выбраны ключевые фенологические явления и фенообъекты неживой и живой природы по временам года, соответственно для Ботанического сада и верхней части города Арзамаса. Из фенологических объектов живой природы были отобраны те объекты, которые повсеместно распространены на территории города: береза бородавчатая и пушистая, черемуха и сирень обыкновенная, шиповник майский, липа мелколистная. Из травянистых первоцветов была выбрана мать-и-мачеха, как одно из самых раннецветущих и широко распространенных растений. Из овощных культур в качестве фенообъекта был выбран огурец Муромский, из плодово-ягодных культур – малина обыкновенная, из фруктовых деревьев – яблоня (сорт – анис полосатый). В ботаническом саду наблюдения производились за древесными растениями-интродуцентами: форзиция свисающая, вейгелла Миддендорфа, миндаль трехлопастный, абрикос обыкновенный, магнолия Суланжа, магония падуболистная, кирказон маньчжурский, айва японская; а также некоторыми охраняемыми видами (табл. 2).

В весенний сезон отмечались первые проталины, дата начала весны (устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °C в сторону положительных значений), сход снежного покрова, начало цветения мать-

и-мачехи, облиствение березы бородавчатой и пушистой, начало цветения черемухи и сирени обыкновенной, дата последнего заморозка на почве.

В летний период фиксировались начало лета (дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через отметку +15 °C в сторону повышения), начало цветения шиповника майского и начало цветения липы мелколистной, начало созревания огурцов в открытом грунте, малины и ранних сортов яблок (анис полосатый).

В осенний период проводился мониторинг дат начала осени (перехода средней суточной температуры воздуха через отметку +15 °C в сторону устойчивого понижения температур), начало массового пожелтения листьев березы бородавчатой и пушистой, первого заморозка на почве, окончания листопада у березы, начала зимы (устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °C в сторону отрицательных значений, при наличии выпавшего снега).

Результаты исследования

Учебный ботанический сад АГПИ имени А. П. Гайдара находится во внутреннем дворе Арзамасского филиала ННГУ, занимает площадь 900 м².

Координаты: 55°24'с.ш. и 43°50'в.д.

Ботанический сад содержит 8 экспозиционных участков: травянистый отдел лекарственных растений (ныне «Аптекарский огород»), розарий, хвойный отдел, дендрологический, альпийская горка, сирингарий, плодово-ягодный, отдел первоцветов (ныне декоративный отдел); учебную зону для работы с экскурсионными группами, компостер. Для проведения фенологических наблюдений имеются: метеорологическая будка, осадкомер, снегомерные рейки (рис. 1).

Всего произрастает около 350 видов растений, относящихся к 4 отделам (Гинкговидные, Папоротниковидные, Хвойные, Цветковые), 37 порядкам, 75 семействам. Среди них растения различных жизненных форм и экологических групп, охраняемые и реликтовые растения, лекарственные и ядовитые [5].

На территории Ботанического сада АГПИ имени А. П. Гайдара произрастает около 20 % интродуцированных растений, из которых 40 видов – древесные (табл. 1), а также 27 видов охраняемых растений, находящихся под угрозой исчезновения и занесенных в областные Красные книги России и близлежащих стран (табл. 2) [5].



Рис. 1. Экспликация учебного ботанического сада:

1 – хвойный отдел; 2 – дендрологический отдел; 3 – альпийская горка; 4 – сиригарий;
5 – плодово-ягодный отдел; 6 – декоративный отдел; 7 – розарий; 8 – травянистый отдел; 9 – учебная зона

Fig. 1. Explication of the educational botanical garden:

1 – coniferous section; 2 – dendrological section; 3 – alpine slide; 4 – syringarium;
5 – fruit and berry section; 6 – ornamental section; 7 – rose garden; 8 – herbaceous section; 9 – educational area

Таблица 1

Древесные виды интродуценты ботанического сада АГПИ имени А. П. Гайдара

Table 1

Introduced tree species of the Botanical Garden of the A.P. Gaidar ASPI

Видовое название	Жизненная форма	Экспозиция	Родина
1	2	3	4
1. Гинго двухлопастной <i>Ginkgo biloba</i> L.	Д	Ден	Китай
2. Лимонник китайский <i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill	К	П-Я	Дальний Восток, Восточная Азия
3. Виноград Изабелла <i>Vitis labrusca</i> × <i>Vitisvinifera</i>	ДЛ	П-Я	Северная Америка (Южная Каролина)
4. Вейгела Миддендорфа <i>Weigela middendorffiana</i> (Carr.) C. Koch	К	Ден	Китай, Япония, Дальний Восток
5. Багрянник японский <i>Cercidiphyllum japonicum</i> Sieb. Et Zucc.	Д	Хв	о. Кунашир, Япония
6. Барбарис Тунберга «ГринКарпет» <i>Berberis thunbergii</i> DC. «Green Carpet»	К	Хв	Япония, Китай
7. Магония падуболистная <i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt	К	Ден	Северная Америка
8. Магнолия звездчатая <i>Magnolia stellata</i> (Siebold & Zucc) Maxim.	Д	Ден	Японии
9. Магнолия Суланжа <i>Magnolia soulangeana</i> Soul-Bod.	Д	Ден	Садовая форма (Франция)

Окончание табл. 1

End of Table 1

1	2	3	4
10. Самшит вечнозеленый <i>Buxus sempervirens</i> L.	К	Хв	Кавказ, Южная Европа, Северная Африка, Малая Азия
11. Кирказон маньчжурский <i>Aristolochia manshuriensis</i> Kom.	ДЛ	Ден	Северо-Вост. Китая, Корея, юго-запад Приморского края
12. Абрикос обыкновенный <i>Prunus armeniaca</i> L.	Д	П-Я	Армения
13. Айва обыкновенная <i>Cydonia oblonga</i> Mill.	Д	П-Я	Кавказ, Иран, Средняя Азия
14. Айва японская <i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl. ex Spach	К	П-Я	Япония
15. Алыча <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Д	П-Я	Крым, Балканы, Иран, Малая и Средняя Азия
16. Миндаль трехлопастный <i>Prunus triloba</i> Lindl.	Д	Ден	Восточная Азия (Китай, Северная Корея)
17. Роза крымская <i>Rosa gallica</i> L.	К	П-Я	Европа (Крым, Молдова, Кавказ)
18. Форзиция свисающая <i>Forsythia viridissima</i> (Thunb.) Vahl	К	Ден	горные районы Китая
19. Лаванда узколистая <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	ПК	АО	Южная Европа
20. Розмарин лекарственный <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	ПК	АО	Африка
21. Тимьян блошицевидный <i>Thymus pulegioides</i> L.	ПК	АО; Перв	Северо-Западное Средиземноморье
22. Чабрец Костелецкого <i>Thymus kosteleckyianus</i> Opiz.	ПК	Перв	Крым
23. Шелковица черная <i>Morus nigra</i> L.	К	П-Я	Юго-Западная Азия
24. Кatalpa бигнониевидная <i>Catalpa bignonioides</i>	Д	Ден	Северная Америка
25. Кипарисовик горохоплодный <i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl.	Д	Хв	Япония
26. Кипарисовик туполистный «Рашахиба» <i>Chamaecyparis obtusa</i> (Siebold & Zucc) Endl. «Rashahiba»	Д	Хв	Южные районы Японии
27. Кипарисовик Лавсона <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murray) Parl.	Д	Хв	США
28. Корейский кедр <i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.	Д	Ден	Восточная Азия
29. Микробиота перекрестнопарная <i>Microbiota decussata</i> Kom.	К	Хв; Ден	Дальний Восток
30. Можжевельник казацкий <i>Juniperus sabina</i> L.	К	Хв	Малая Азия
31. Можжевельник скальный <i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.	К	Хв	Северная Америка
32. Можжевельник даурский <i>Juniperus davurica</i> Pall.	К	Хв; Альп	Дальний Восток, Восточная Сибирь
33. Ель Канадская <i>Picea glauca</i> (Moench) Voss.	Д	Хв	Канада, США
34. Тис ягодный <i>Taxus baccata</i> L.	Д	Ден	Евразия, Северная Африка
35. Торрея калифорнийская <i>Torreya californica</i> Torr.	Д	Хв	Калифорния
36. Тсуга канадская <i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carrière	Д	Хв	Восточная часть Северной Америки (Канада)
37. Туевик поникающий «Вариегата» <i>Thujaopsis dolabrata</i> (Thunb. ex L. fil.) Sieb. et Zucc. «Variegata»	Д	Хв	Япония
38. Криптомерия японская <i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. ex L. f.) D. Don	Д	Хв	Горы южной Японии, острова Хонсю, Сикоку, Кю-сю

Примечание. Отдел (экспозиция): Ден – дендрологический отдел; П-Я – плодово-ягодный отдел; Перв – первоцветы и охраняемые растения; Хв – хвойный отдел; Альп. – Альпийская горка; АО – травянистый отдел (Аптекарский огород). Жизненная форма: ПК – полукустарник; К – кустарник; Д – дерево; ДЛ – древовидная лиана.

Таблица 2

Охраняемые виды растений Ботанического сада

Table 2

Protected plant species of the Botanical Garden

Вид/семейство	Время цветения	Плодоношение
1. Чемерица Лобеля (<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.)	Июнь – август	Август – сентябрь
2. Вереск обыкновенный (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	Конец июля – сентябрь	Сентябрь – октябрь
3. Родиола розовая (<i>Rhodiola rosea</i> L.)	Июнь – июль	Июль – август
4. Кровохлебка лекарственная (<i>Sanguisorba officinalis</i> L.)	Июль – август	Август – сентябрь
5. Полынь эстрагонная (<i>Artemisia dracunculuss</i> L.)	Август – сентябрь	Сентябрь – октябрь
6. Цицербита крупнолистная (<i>Cicerbita macrohylla</i> (Willd.) Wallr.)	Июнь – сентябрь	Июль – октябрь
7. Бузульник сибирский (<i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass.)	Июль – сентябрь	Август – сентябрь
8. Аризема Амурская (<i>Arisaema amurense</i> Maxim.)	Конец апреля – начало июня	Конец мая – начало июля
9. Кирказон маньчжурский (<i>Aristolochia manshuriensis</i> Kom.)	Май – июнь	Июнь – июль
10. Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i> L.)	Середина мая – июнь	Август – сентябрь
11. Ясколка Биберштейна (<i>Cerastium biebersteinii</i> DC.)	Начало мая – конец июня	Июль
12. Адонис весенний (<i>Adonis vernalis</i> L.)	Апрель – май	Июнь – июль
13. Ирис карликовый (<i>Iris pumila</i> L.),	Май – июнь	Июль – август
14. Ирис сетчатый (<i>Iris reticulata</i> (M. Bieb.) Rodion.)	Май – июнь	Июль – август
15. Ирис сибирский (<i>Iris sibirica</i> L.)	Май – июнь	Июль – август
16. Кандык сибирский (<i>Erythrœnium sibiricum</i> (Fisch. & C.A. Mey.) Krylov)	Конец апреля – начало мая	Июнь
17. Купальница европейская (<i>Trollius europaeus</i> L.)	Конец мая – начало июня	Август
18. Купальница азиатская (<i>Trollius asiaticus</i> L.)	Май – июнь	Июль
19. Печеночница благородная (<i>Hepatica nobilis</i> Mill.)	С середины апреля по середину мая	Июнь
20. Подснежник белоснежный (<i>Galanthus nivalis</i> L.)	Март – апрель	Май
21. Прострел раскрытый (<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.)	Апрель – май	Июнь – июль
22. Шаровница точечная (<i>Globularia bisnagarica</i> L.)	В начале июня	Июль
23. Шафран прекрасный (<i>Crocus speciosus</i> M. Bieb.)	Октябрь – ноябрь	
24. Морозник восточный (<i>Helleborus orientalis</i> Lam.)	Апрель	Май – июнь
25. Морозник корсиканский (<i>Helleborus corsicus</i> Willd. ex Mabilie)	Апрель	Май – июнь
26. Венерин башмачок настоящий (<i>Cypripedium calceolus</i> L.)	Май – июнь	Июль – август
27. Любка двулистная (<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.)	Июнь – начало июля	Август – сентябрь

Территория сада расположена внутри двора филиала и ограничена с трех сторон (с северной, западной и южной) стенами здания, высота которых около 15 м. Как известно, гипсометрические различия, экспозиция стен строений, особенности городской застройки создают микроклиматические различия в пределах одного города [13–15]. Таким образом, Ботанический сад находится фактически внутри «колодца» с особым городским микроклиматом, что делает его особым «островом тепла» в городе. Расположение и конфигурация стен здания оказывают заметное влияние на направление ветров и практически сводят до минимума силу воздействия ветра. Трехэтажная застройка нарушает циркуляцию воздуха, затрудняет воздухообмен, что существенно и положительно отражается на общей экологической обстановке и состоянии

растений в ботаническом саду. Практически весь год в пределах Ботанического сада наблюдается штилевой режим.

Кроме того, вертикально ориентированные стены постройки усиливают роль поглощенной солнечной радиации. В дневные часы при антициклональном состоянии атмосферы каменные стены строения хорошо прогреваются солнечными лучами и, выполняя роль аккумулятора солнечной энергии, в темное время суток отдают тепло в окружающую среду. Защищенность территории сада стенами здания создает более «южные» условия не только в летний период, но и зимой. Почти полная замкнутость ботанического сада практически исключает воздействие холодных ветров и существенно уменьшает потерю тепла в пределах всего участка.

Микроклиматические условия Ботанического сада

Ботанический сад расположен почти в центре города Арзамаса, поэтому для него будут характерны фоновые городские климатические условия [13]. При этом особенность местоположения сада (на огороженной территории с трех сторон) и его микроклимат обуславливают более благоприятную экологическую среду для растений.

Территория Ботанического сада лежит в верхней (нагорной) части города, представляющей собой коренное плато, на пермских глинах, с абсолютной высотой 140 м по Балтийской системе. Ближайшим водоемом являются небольшие Гайдаровские пруды, расположенные в старом русле реки Сороки, удаленные

от ботанического сада, примерно на 150 м в направлении к юго-востоку [13].

Климат города Арзамаса умеренно-континентальный, с достаточно теплым летом, слабо морозной зимой, нормальным увлажнением и западным переносом воздушных масс. К настоящему времени, в следствие глобального потепления, средняя годовая температура воздуха в городе возросла до +5,3 °С. Продолжительность безморозного периода в верхней части города Арзамаса составляет около 130 дней. Годовое количество осадков в черте города немногим превышает 500 мм в год. При этом физико-географические условия сада, по сравнению с фоновыми показателями города, существенно отличаются более теплым микроклиматом (табл. 3, рис. 2) [16].

Таблица 3

Средняя месячная температура (°С) и количество осадков (мм)
по месяцам для Ботанического сада и города Арзамаса

Table 3

Average monthly temperature (°C) and precipitation (mm) by month
for the Botanical Garden and the city of Arzamas

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Средняя температура, осадки Ботанический сад	-7, 33	-7, 27	-1, 24	8, 26	14, 40	19, 70	21, 75	19, 60	13, 50	6, 45	-1, 35	-5, 30	6,6, 515
Средняя температура, осадки г. Арзамс	-8, 35	-8, 25	-2, 27	6, 36	13, 44	17, 68	19, 61	17, 66	11, 48	6, 49	-1, 33	-6, 33	5,3, 525

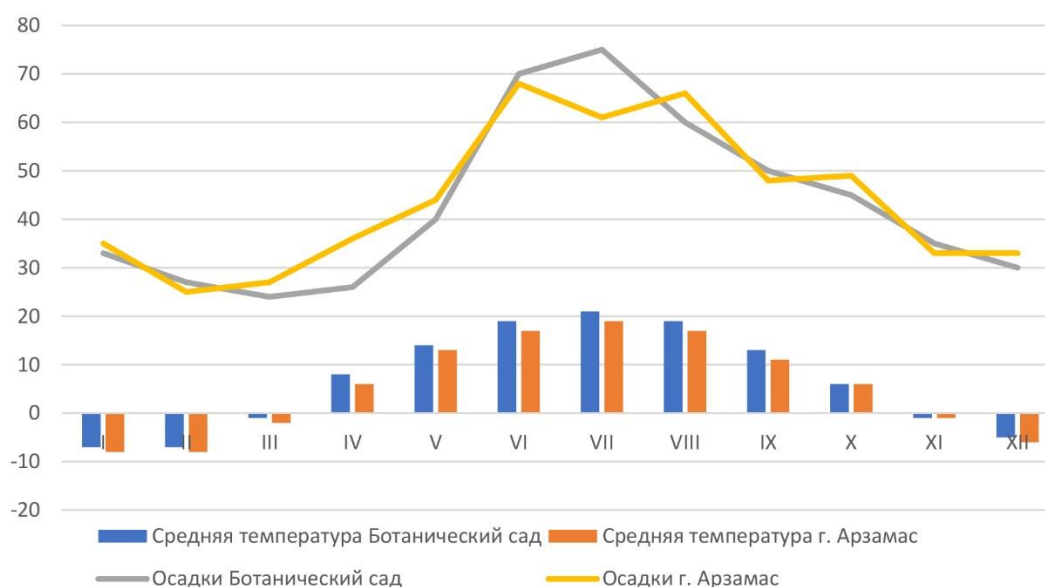


Рис. 2. Климатическая диаграмма для территории Ботанического сада и г. Арзамаса в сравнении (средние показатели по месяцам за период 2015–2025 гг.)

Fig. 2. Climate diagram for the Botanical Garden area and the city of Arzamas in comparison (average monthly values for the period 2015–2025)

Как видим, средняя годовая температура воздуха в Ботаническом саду на 1,3 °C выше, чем фоновое значение для города. Температурные значения воздуха для всех месяцев года для Ботанического сада оказываются выше, чем в среднем по городу (см. рис. 2). При этом заметим, в холодный период года отклонение от фоновых значений составляет 1 °C. В теплый сезон средние месячные температуры воздуха на территории Ботанического сада на 2 °C выше, чем по городу. Расхождение в теплообеспеченности конкретно Ботанического сада и в целом городской среды вполне объяснимо. Его территория, находясь в полузамкнутом с трех сторон пространстве, обладает более теплым микроклиматом.

Что касается осадков, то их годовые суммы практически совпадают (см. рис. 2). Расхождение в суммарном количестве осадков в пределах Ботанического сада и в среднем по городу немного заметно в летний период, что также объяснимо ливневым (локальным) характером распределения осадков. Естественно совпадают и розы ветров с той лишь разницей, что в пределах сада большую часть года преобладает почти штилевой режим. Максимальная скорость ветра в отдельные дни в Ботаническом саду на высоте 2 м от поверхности почвы не превышает летом 4 м/с, а зимой – 6 м/с.

Столь благоприятные микроклиматические условия Ботанического сада увеличивают безморозный период в его границах, в среднем до 160 дней. Так, если средняя дата первого осеннего заморозка в городе приходится на 22 сентября, то в Ботаническом саду температура воздуха первый раз в сезоне опускается ниже 0 °C в среднем в начале октября. Средняя дата последнего заморозка весной в городе приходится на 11 мая, в Ботаническом саду последний весенний заморозок отмечается в третьей декаде апреля. Таким образом, на территории Ботанического сада безморозный период на целый месяц получается дольше, чем в среднем по городу. Отметим, даты по заморозкам даны усредненные, с учетом дат заморозков на почве и заморозков в воздухе. Естественно, в ряде случаев эти даты как в целом по городу, так и в пределах Ботанического сада, различаются. Как правило, весной последний заморозок на почве случается на несколько суток (в редких случаях недель) позднее, чем в воздухе. Осенью первый заморозок на почве иногда бывает раньше, чем в воздухе, но расхождение в датах их наступления гораздо меньше в следствие того, что почва еще достаточно хорошо прогрета. Очень часто даты первого осеннего заморозка на почве и в воздухе совпадают. Данная закономерность прослеживается как для города в целом, так

и для Ботанического сада. Весной на территории Ботанического сада устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °C в сторону положительных значений происходит несколько раньше, чем в городе. Аналогично раньше, чем в среднем по городу, в Ботаническом саду наступает лето – устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через отметку +15 °C в сторону повышения. И наоборот, осенью устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через отметку +15 °C в сторону понижения в саду происходит заметно позднее, чем в городе.

Резюмируя вышеизложенное, отмечаем, микроклимат Ботанического сада ускоряет развитие весенних фенологических явлений и задерживает развитие осенних, продлевая тем самым период активной вегетации растений и создавая условия для существования более теплолюбивых растений. Начиная с весеннего снеготаяния, все фенологические процессы в Ботаническом саду происходят с заметным опережением наступления весны в городе. Так, на территории Ботанического сада снежный покров полностью разрушается уже к концу марта, в то время как в городских парках, скверах и на газонах снег «держится» в среднем до 5 апреля [15]. Таким образом, микроклиматические условия Ботанического сада, создавая более теплые и благоприятные экологические условия, как бы переносят его местоположение на 300–400 км южнее, что делает возможным выращивать в Ботаническом саду целый ряд теплолюбивых растений (гинго, кипарисовики, криптомерию, самшит, магнолию, шелковицу, абрикос, алычу, миндаль и др.).

Фенологические явления и даты их наступления для Ботанического сада и города Арзамаса

Анализ наблюдений выявил заметные различия в наступлении дат фенологических явлений в Ботаническом саду и в верхней части города Арзамаса (табл. 3–5). Первые проталины в саду появляются в среднем на 1–3 суток раньше, чем в верхней части города. Соответственно процесс активного снеготаяния в Ботаническом саду идет быстрее, чем по городу и уже к началу третьей декады марта территория сада полностью освобождается от снега, в то время как в городе снег растаивает в среднем в начале апреля. Активное разрушение снежного покрова начинается с устойчивым переходом средней суточной температуры воздуха через 0 °C в сторону положительных значений. Как показывает анализ наших наблюдений, это событие

в Ботаническом саду, в следствие особенностей микроклимата, происходит существенно раньше (табл. 3).

Начало цветения весенних первоцветов (мать-и-мачехи и др.) в Ботаническом саду происходит почти на неделю раньше, чем по городу.

Положительные температуры воздуха и быстро прогревающаяся почва после схода снежного покрова, способствуют началу цветения всех первоцветов в саду, в частности мать-и-мачехи, подснежника белоснежного, пролески сибирской, крокусов и др. Облиствение березы бородавчатой и пушистой, цветение черемухи обыкновенной и сирени обыкновенной также происходят на территории Ботанического сада на 1–3 суток раньше, чем по городу. Еще более контрастным выглядят сроки последнего

заморозка на почве. Уже к третьей декаде апреля вероятность заморозка в саду практически сводится к нулю (табл. 4).

Весной в Ботаническом саду древесные растения-интродуценты зацветают в следующей последовательности: форзиция свисающая (рис. 3) (впервые зацвела в 2020 г.), вейгелла Миддендорфа (впервые зацвела в 2018 г.), миндаль трехлопастный (впервые зацвел в 2022 г.), айва японская (впервые зацвела в 2019 г.), абрикос обыкновенный (впервые зацвел в 2024 г.), магнолия Суланжа (впервые зацвела в 2023 г.), магония падуболистная (впервые зацвела в 2020 г.), кирказон маньчжурский (впервые зацвел в 2024 г.). Цветение этих растений происходит обильно, за счет чего в ботанический сад привлекаются насекомые-опылители, – особенно много пчел около абрикоса.

Таблица 4

Фенологические явления весны и даты их наступления для Ботанического сада и г. Арзамаса
(верхняя дата для Ботанического сада, нижняя – для города)

Table 4

Spring phenological phenomena and their onset dates for the Botanical Garden and the city of Arzamas
(the upper date is for the Botanical Garden, the lower date is for the city)

	Первые проталины	Последние заморозки на почве	Начало цветения мать-и-мачехи	Сход снежного покрова	Облиствение березы	Начало цветения черемухи	Начало цветения сирени
2015	15 марта 17 марта	7 мая 10 мая	5 апреля 11 апреля	3 апреля 9 апреля	1 мая 2 мая	11 мая 12 мая	17 мая 18 мая
2016	18 марта 20 марта	7 апреля 24 апреля	3 апреля 8 апреля	29 марта 5 апреля	26 апреля 29 апреля	3 мая 5 мая	11 мая 13 мая
2017	6 марта 9 марта	13 мая 29 мая	1 апреля 7 апреля	1 апреля 10 апреля	30 апреля 2 мая	4 мая 5 мая	21 мая 22 мая
2018	1 апреля 3 апреля	25 апреля 2 июня	11 апреля 16 апреля	5 апреля 10 апреля	3 мая 4 мая	7 мая 9 мая	15 мая 16 мая
2019	12 марта 16 марта	1 мая 20 мая	1 апреля 5 апреля	2 апреля 10 апреля	27 апреля 29 апреля	6 мая 8 мая	11 мая 13 мая
2020	21 февраля 25 февраля	14 мая 22 мая	12 марта 16 марта	23 марта 28 марта	4 мая 5 мая	6 мая 7 мая	19 мая 19 мая
2021	15 марта 27 марта	27 апреля 2 мая	8 апреля 12 апреля	31 марта 8 апреля	20 апреля 21 апреля	7 мая 8 мая	15 мая 17 мая
2022	22 марта 25 марта	6 мая 23 мая	5 апреля 12 апреля	30 апреля 9 мая	26 апреля 28 апреля	9 мая 12 мая	27 мая 30 мая
2023	23 марта 25 марта	16 апреля 8 мая	1 апреля 5 апреля	22 марта 28 марта	18 апреля 19 апреля	25 апреля 27 апреля	7 мая 8 мая
2024	21 марта 23 марта	9 мая 24 мая	2 апреля 7 апреля	25 марта 1 апреля	17 апреля 18 апреля	25 апреля 26 апреля	11 мая 13 мая
2025	2 марта 2 марта	7 мая 9 мая	28 марта 31 марта	5 марта 8 марта	20 апреля 22 апреля	21 апреля 23 апреля	3 мая 5 мая
Разница средних значений, сут	3,3	12	4,8	6,6	1,6	1,9	1,5

Среди охраняемых растений на территории Ботанического сада первыми зацветают (сразу после схода снега): подснежник белоснежный, морозник восточный и корсиканский, печеночница благородная (рис. 4), адонис весенний, прострел раскрытый, ирисы, купальница европейская и азиатская, кандык сибирский, аризема Амурская, ясколка Биберштейна, кирказон маньчжурский, ландыш майский, шаровница точечная, венерин башмачок настоящий. В летний период контрасты микроклиматических условий

между Ботаническим садом и верхней частью города немного сглаживаются, но в целом общий характер динамики фенологических процессов в Ботаническом саду и в городе сохраняется. На территории сада шиповник майский, липа мелколистная зацветают в среднем на 1–2 суток раньше, чем по городу. Более разнятся сроки созревания огурцов в открытом грунте, малины и ранних сортов яблок (анис полосатый) в саду и в городе Арзамасе. Здесь диапазон дат может варьироваться до 3–6 суток (табл. 5).



Рис. 3. Цветение форзиции свисающей

Fig. 3. Flowering of weeping forsythia

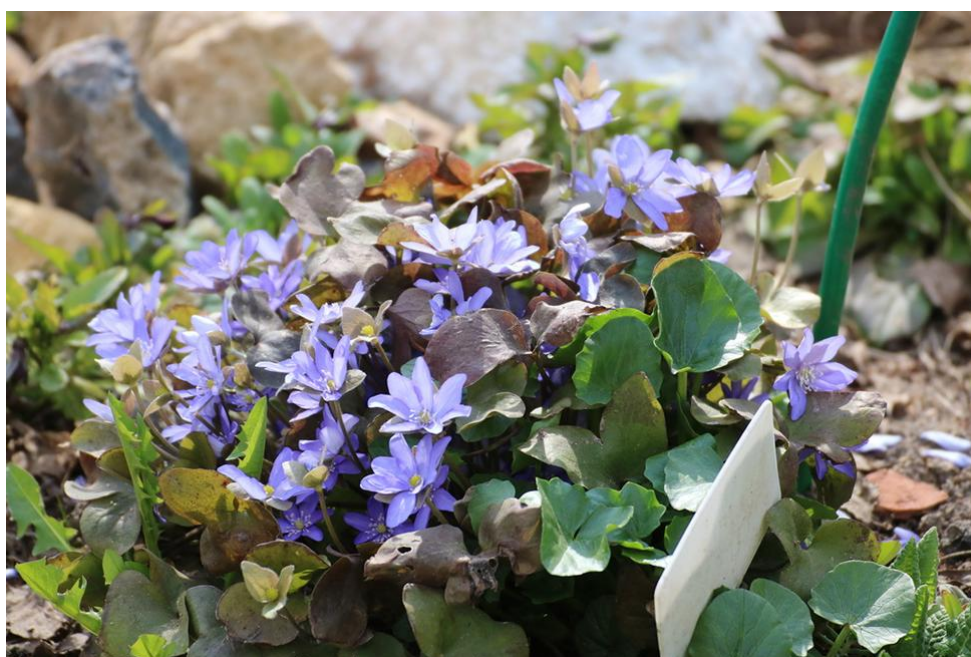


Рис. 4. Цветение печеночницы благородной

Fig. 4. Flowering of the liver-leaf hepatica

Древесные растения-интродуценты Ботанического сада, которые отцвели весной, формируют плоды: особенно много плодов было у абрикоса в 2025 г., много плодов у магонии и айвы. Летом на территории сада охраняемые растения зацветают в следующей последовательности:

любка двулистная, родиола розовая, чемерица Лобеля, цицербита крупнолистная, кровохлебка лекарственная, бузульник сибирский, вереск обыкновенный. К середине лета раннецветущие охраняемые растения уже формируют плоды.

Таблица 5

Фенологические явления летнего сезона и даты их наступления для Ботанического сада и г. Арзамаса (верхняя дата для сада, нижняя – для города)

Table 5

Summer phenological phenomena and their onset dates for the Botanical Garden and the city of Arzamas (the upper date is for the garden, the lower date is for the city)

	Начало лета	Начало цветения шиповника	Начало цветения липы	Начало созревания огурцов в открытом грунте	Начало созревания малины	Начало созревания яблок (анис полосатый)
2015	23 мая 23 мая	30 мая 30 мая	23 июня 28 июня	29 июня 3 июля	30 июня 3 июля	7 августа 9 августа
2016	26 мая 27 мая	22 мая 24 мая	24 июня 29 июня	1 июля 4 июля	3 июля 8 июля	8 августа 12 августа
2017	24 июня 22 июня	11 июня 11 июня	9 июля 8 июля	9 июля 12 июля	10 июля 15 июля	14 августа 17 августа
2018	16 июня 16 июня	30 мая 31 мая	28 июня 1 июля	30 июня 3 июля	7 июля 11 июля	12 августа 16 августа
2019	27 мая 27 мая	27 мая 28 мая	18 июня 18 июня	1 июля 5 июля	30 июня 2 июля	9 августа 11 августа
2020	4 июня 5 июня	3 июня 4 июня	2 июля 3 июля	8 июля 10 июля	8 июля 12 июля	15 августа 19 августа
2021	19 мая 21 мая	26 мая 28 мая	21 июня 22 июня	2 июля 8 июля	30 июня 3 июля	6 августа 11 августа
2022	29 мая 31 мая	5 июня 10 июня	3 июля 5 июля	4 июля 10 июля	1 июля 6 июля	10 августа 12 августа
2023	13 мая 17 мая	22 мая 24 мая	21 июня 22 июня	1 июля 6 июля	24 июня 30 июня	9 августа 13 августа
2024	27 мая 29 мая	29 мая 30 мая	19 июня 21 июня	30 июня 4 июля	1 июля 5 июля	8 августа 13 августа
2025	20 мая 21 мая	20 мая 21 мая	18 июня 18 июня	28 июня 30 июня	25 июня 28 июня	10 августа 10 августа
Разница средних значений, сут	1,4	1,5	1,9	3,8	4	3,2

В осенний сезон контрасты микроклиматических условий в Ботаническом саду и верхней части города усиливаются. Предсказуемо меняется в противоположную сторону динамика осенних процессов в Ботаническом саду. Переход средней суточной температуры воздуха через отметку +15 °С в сторону устойчивого понижения температур (начало осени) в Ботаническом саду происходит на 1–2 дня позднее, чем в среднем по городу. Позднее почти на неделю,

чем в городе, в саду, начинается массовое окрашивание листьев у березы бородавчатой и пушистой и также позднее заканчивается листопад. На 1–2 недели дольше осенью продолжается цветение флоксов в Ботаническом саду, по сравнению с городскими клумбами. Особенно контрастно выглядят даты первого заморозка на почве. В отдельные годы расхождение в этих датах может достигать 3 недель (табл. 6).

Таблица 6

Фенологические явления осени и даты их наступления для Ботанического сада
и г. Арзамаса (верхняя дата для сада, нижняя – для города)

Table 6

Autumn phenological phenomena and their onset dates for the Botanical Garden
and the city of Arzamas (the upper date is for the garden, the lower date is for the city)

	Начало осени	Первый заморозок на почве	Начало массового пожелтения березы	Окончание цветения флоксов	Конец листопада у березы	Начало зимы
2015	17 августа 16 августа	19 октября 14 октября	5 сентября 1 сентября	23 октября 14 октября	2 ноября 29 октября	27 декабря 27 декабря
2016	2 сентября 1 сентября	17 октября 12 сентября	10 сентября 4 сентября	12 октября 29 сентября	31 октября 28 октября	28 ноября 28 ноября
2017	28 августа 26 августа	28 сентября 21 сентября	18 сентября 12 сентября	15 октября 1 октября	30 октября 25 октября	26 ноября 26 ноября
2018	18 сентября 17 сентября	6 октября 18 сентября	19 сентября 13 сентября	6 октября 19 сентября	29 октября 25 октября	23 ноября 23 ноября
2019	25 августа 25 августа	27 сентября 21 сентября	12 сентября 6 сентября	5 октября 27 сентября	30 октября 21 октября	30 декабря 30 декабря
2020	12 сентября 9 сентября	17 сентября 17 сентября	25 сентября 23 сентября	1 октября 18 сентября	28 октября 23 октября	23 ноября 23 ноября
2021	6 сентября 3 сентября	6 октября 29 сентября	19 сентября 15 сентября	18 октября 12 октября	2 ноября 30 октября	5 декабря 6 декабря
2022	4 сентября 2 сентября	5 сентября 2 сентября	21 сентября 17 сентября	3 октября 18 сентября	3 ноября 30 октября	18 ноября 17 ноября
2023	9 сентября 7 сентября	14 октября 28 сентября	19 сентября 16 сентября	21 октября 2 октября	30 октября 23 октября	21 ноября 20 ноября
2024	20 сентября 18 сентября	20 октября 23 сентября	30 сентября 27 сентября	28 октября 2 октября	4 ноября 29 октября	28 ноября 28 ноября
2025	18 августа 18 августа	30 сентября 14 сентября	5 сентября 2 сентября	2 октября 30 сентября	30 октября 26 октября	10 декабря 10 декабря
Разница средних значений, сут	1,5	8,2	4,3	13,9	4,9	0,3

Среди древесных растений-интродуцентов ботанического сада, осенью с плодами яблоками желтого цвета остаются кусты айвы японской и плодами ягодами синего цвета – кусты магонии падуболистной, у которой листья не опадают на зиму (вечно-зеленое растение). У остальных растений-интродуцентов осенью происходит листопад (кроме хвойных). Из охраняемых растений на территории сада осенью цветут полынь эстрагонная и шафран прекрасный (октябрь, ноябрь). К этому времени растения, которые отцвели летом, уже сформировали плоды.

Таким образом, микроклиматические условия Ботанического сада существенно отличаются от фонового городского климата. В пределах Ботанического сада заметно теплее в любой из сезонов и фактически весь год наблюдается почти штилевой режим погоды. Существенно увеличивается длительность безморозного периода и соответственно возрастает продолжительность периода активной вегетации растений.

Формирующиеся микроклиматические условия в пределах Ботанического сада позволяют произрастать многим растениям-интродуцентам, «выходцам» из Юго-Восточной Азии, Китая, Японии, Дальнего Востока, Кореи, Кавказа, Северной Америки. Высокий бонитет большинства растений, цветение и вызревание их плодов подтверждают возможность успешного выращивания теплолюбивых и экзотических растений в сходных топологических и микроклиматических условиях города Арзамаса.

Заключение

Физико-географические условия Ботанического сада, по сравнению с фоновыми показателями города Арзамаса, существенно отличаются более теплым микроклиматом: средняя годовая температура воздуха в Ботаническом саду на 1,3 °С выше, годовые суммы осадков практически совпадают с той разницей, что в летний

период на территории сада преобладает ливневый (локальный) характер распределения осадков и большую часть года преобладает почти штилевой режим.

Анализ наблюдений выявил заметные различия в наступлении дат фенологических явлений: первые проталины в ботаническом саду появляются в среднем на 1–3 суток раньше, чем в городе, процесс активного снеготаяния также идет быстрее. Начало цветения весенних первоцветов в Ботаническом саду происходит почти на неделю раньше, чем по городу. Облиствение березы бородавчатой и пушистой, цветение черемухи обыкновенной и сирени обыкновенной также происходят раньше на 1–3 суток, чем по городу.

Позднее почти на неделю, чем в городе, в саду начинается массовое окрашивание

листьев у березы бородавчатой и пушистой и также позднее заканчивается листопад. На 1–2 недели дольше осенью продолжается цветение флоксов в Ботаническом саду, по сравнению с городскими клумбами. Дата первого заморозка на почве в Ботаническом саду наступает позднее в среднем на 8–16 дней.

Благоприятные микроклиматические условия Ботанического сада увеличивают безморозный период на месяц, в связи с чем увеличивается и вегетация растений по сравнению с городом.

Микроклимат Ботанического сада, создает более теплые и благоприятные экологические условия, как бы перенося его местоположение на 300–400 км южнее, что делает возможным выращивать на его территории целый ряд теплолюбивых растений.

Список литературы

1. Куприянов А. Н. Роль ботанических садов в сохранении флористического разнообразия в индустриально развитых регионах // Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры : материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летию Ботанического сада Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова (г. Якутск, 12–16 июля 2021 г.). Якутск : Издательский дом СВФУ, 2021. С. 20–24.
2. Ткаченко К. Г. Латентный период растений. Методы изучения // Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры : материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летию Ботанического сада Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова (г. Якутск, 12–16 июля 2021 г.). Якутск : Издательский дом СВФУ, 2021. С. 42–48.
3. Цицилин А. Н. Аптекарские огороды в Москве: история и современность // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений. М., 2004. Т. 1. С. 2–129.
4. Мальцева А. Н. Проблемы университетских ботанических садов (обзор сайтов ботанических садов Минобрнауки) // Ботанические сады в XXI веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития и инновационные решения : сб. науч. материалов II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летию образования Ботанического сада НИУ «БелГУ» / отв. ред.: В. К. Тохтарь, Е. Н. Дунаева. Белгород : ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2019. С. 23–26.
5. Недосеко О. И. Организация эколого-ботанических экскурсий на площадке «Аптекарский огород» // Современные проблемы и перспективы развития туризма и гостеприимства в России и за рубежом : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Арзамас, 26 сентября 2024 г.). Арзамас : Арзамасский филиал ННГУ, 2024. С. 302–306.
6. Гусейнова Н. Т. Формирование интродукционных популяций растений // Молекулярная генетика. 2022. № 11. С. 50–52.
7. Апаля Дз., Аренте Г., Крейцума А. Отклонения в фенологии растений, вызванные холмистостью рельефа (на примере юго-восточной Прибалтики) // Вопросы фенологического картирования. Л. : Гидрометеорологическое изд., 1972. С. 110–119.
8. Скок Н. В. Влияние экспозиции на ход пожелтения листьев березы // Сезонная ритмика природы горных областей. Л. : Сев.-Зап. книж. изд., 1982. С. 51–52.
9. Цельникер Ю. Л. Влияние температуры на сроки распускания и скорость роста листа у лиственных деревьев // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 1996. Т. 16. С. 164–176.
10. Кузнецова В. П. Фенологические процессы в условиях изменения климата северных территорий (на примере тасжской зоны Ханты-Мансийского автономного округа – Югры) : дис. ... канд. географ. наук. Нижневартовск, 2016. 225 с.
11. Борисова И. В. Сезонная динамика растительных сообществ // Полевая геоботаника. Л. : Наука, 1972. Т. 4. С. 5–94.
12. Куприянова М. К., Мельник Н. Б., Щенникова З. Г. Сезонные наблюдения в природе : методическое пособие для учителей. Екатеринбург, 1992. 126 с.
13. Любов М. С. Микроклимат города Арзамаса Нижегородской области в условиях глобального изменения климата // Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Майкоп : ИП Кучеренко В. О., 2021. С. 33–39.

14. Любов М. С., Недосеко О. И. Влияние климатических изменений на динамику фенологических процессов в Нижегородском Правобережье // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2022. № 4. С. 78–94.
15. Любов М. С., Недосеко О. И., Шеманаев В. А., Митичева Т. И. Влияние микроклиматических различий города на фенологические процессы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2024. № 2. С. 14–31.
16. Любов М. С. Климат Арзамасского региона в XXI веке : монография. Арзамас : Арзамасский филиал ННГУ, 2023. 97 с.

References

1. Kupriyanov A.N. The role of botanical gardens in preserving floristic diversity in industrially developed regions. *Rol' botanicheskikh sadov v sokhranении i obogashchenii prirodnoy i kul'turnoy flory: materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem, posvyashch. 20-letiyu Botanicheskogo sada Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta imeni M.K. Ammosova (g. Yakutsk, 12–16 iyulya 2021 g.)* = *The Role of Botanical Gardens in Preserving and Enriching Natural and Cultural Flora: Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation, dedicated to the 20th Anniversary of the M.K. Ammosov Botanical Garden of the North-Eastern Federal University (Yakutsk, July 12–16, 2021)*. Yakutsk: Izdatel'skiy dom SVFU, 2021:20–24. (In Russ.)
2. Tkachenko K.G. Latent period of plants. Methods of study. *Rol' botanicheskikh sadov v sokhranении i obogashchenii prirodnoy i kul'turnoy flory: materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem, posvyashch. 20-letiyu Botanicheskogo sada Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta imeni M.K. Ammosova (g. Yakutsk, 12–16 iyulya 2021 g.)* = *The Role of Botanical Gardens in Preserving and Enriching Natural and Cultural Flora: Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation, dedicated to the 20th Anniversary of the M.K. Ammosov Botanical Garden of the North-Eastern Federal University (Yakutsk, July 12–16, 2021)*. Yakutsk: Izdatel'skiy dom SVFU, 2021:42–48. (In Russ.)
3. Tsitsilin A.N. Apothecary Gardens in Moscow: History and Modernity. *Geneticheskiye resursy lekarstvennykh i aromatischeskikh rasteniy* = *Genetic resources of medicinal and aromatic plants*. Moscow, 2004;1:2–129. (In Russ.)
4. Mal'tseva A.N. Problems of University Botanical Gardens (Review of the Websites of the Botanical Gardens of the Ministry of Education and Science). *Botanicheskiye sady v XXI veke: sokhraneniye bioraznoobraziya, strategiya razvitiya i innovatsionnyye resheniya: sb. nauch. materialov II Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem, posvyashch. 20-letiyu obrazovaniya Botanicheskogo sada NIU «BelGU»* = *Botanical Gardens in the 21st Century: Biodiversity Conservation, Development Strategy, and Innovative Solutions: Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, dedicated to the 20th Anniversary of the Botanical Garden of the National Research University "BelSU"*. Belgorod: ID «Belgorod» NIU «BelGU», 2019:23–26. (In Russ.)
5. Nedoseko O.I. Organization of ecological and botanical excursions at the Apothecary Garden site. *Sovremennyye problemy i perspektivy razvitiya turizma i gostepriimstva v Rossii i za rubezhom: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem (g. Arzamas, 26 sentyabrya 2024 g.)* = *Modern problems and prospects for the development of tourism and hospitality in Russia and abroad: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation (Arzamas, September 26, 2024)*. Arzamas: Arzamasskiy filial NNGU, 2024:302–306. (In Russ.)
6. Guseynova N.T. Formation of introduced plant populations. *Molekulyarnaya genetika* = *Molecular genetics*. 2022;(11):50–52. (In Russ.)
7. Apalya Dz., Arente G., Kreytsuma A. Deviations in plant phenology caused by hilly terrain (using the south-eastern Baltic region as an example). *Voprosy fenologicheskogo kartirovaniya* = *Phenological mapping issues*. Leningrad: Gidrometeorologicheskoye izd., 1972:110–119. (In Russ.)
8. Skok N.V. The effect of exposure on the yellowing of birch leaves. *Sezonnaya ritmika prirody gornyykh oblastey* = *Seasonal rhythms of nature in mountainous regions*. Leningrad: Sev.-Zap. knizh. izd., 1982:51–52. (In Russ.)
9. Tsel'niker Yu.L. The influence of temperature on the timing of leaf blossoming and growth rate in deciduous trees. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* = *Problems of environmental monitoring and ecosystem modeling*. 1996;16:164–176. (In Russ.)
10. Kuznetsova V.P. Phenological processes in the context of climate change in the northern territories (using the taiga zone of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra as an example): PhD dissertation. Nizhnevartovsk, 2016:225. (In Russ.)
11. Borisova I.V. Seasonal dynamics of plant communities. *Polevaya geobotanika* = *Field geobotany*. Leningrad: Nauka, 1972;4:5–94. (In Russ.)
12. Kupriyanova M.K., Mel'nik N.B., Shchennikova Z.G. *Sezonnyye nablyudeniya v prirode: metodicheskoye posobiye dlya uchiteley* = *Seasonal Observations in Nature: A Methodological Guide for Teachers*. Yekaterinburg, 1992:126. (In Russ.)
13. Lyubov M.S. Microclimate of the city of Arzamas in the Nizhny Novgorod region in the context of global climate change. *Fundamental'nyye i prikladnyye aspekty geologii, geofiziki i geoekologii s ispol'zovaniyem sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. CH. 2* = *Fundamental and applied*

aspects of geology, geophysics and geoecology using modern information technologies: Proceedings of VI International Scientific and Practical Conference, Chapter 2. Maykop: IP Kucherenko V.O., 2021:33–39. (In Russ.)

14. Lyubov M.S., Nedoseko O.I. The impact of climate change on the dynamics of phenological processes in the Nizhny Novgorod Right Bank. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Yestestvennyye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2022;(4):78–94. (In Russ.)
15. Lyubov M.S., Nedoseko O.I., Shemanayev V.A., Miticheva T.I. The influence of microclimatic differences in the city on phenological processes. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Yestestvennyye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2024;(2):14–31. (In Russ.)
16. Lyubov M.S. *Klimat Arzamasskogo regiona v XXI veke: monografiya = Climate of the Arzamas region in the 19th century: monograph.* Arzmas: Arzmasskiy filial NNGU, 2023:97. (In Russ.)