

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.2/5>

УДК 630*165.51

**Фенологические исследования различных видов лиственниц,
произрастающих на территории ГБС РАН**

Максим А. Лавренов¹✉, lavrenov@bmstu.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>

Алексей А. Котов¹, [kovov@bmstu.ru](mailto:kotov@bmstu.ru),  <https://orcid.org/0000-0002-0136-2906>

Владимир А. Брынцев², bryntsev@mail.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-6271-1444>

Сергей Л. Рысин², ser-rysin@yandex.ru,  <https://orcid.org/0009-0000-6635-3114>

Анна А. Коженкова², kozhenkova@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-1518-7165>

¹*Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, ул. 1-я Институтская, д. 1, Мытищи, 141005, Российская Федерация*

²*Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Ботаническая ул., 4, Москва, 127276, Российская Федерация*

Аннотация

В работе представлены сроки наступления фенологических фаз различных видов лиственниц, произрастающих в центре европейской части России. Учитывалось набухание и распускание почек, разворачивание хвои и полное охвоение, начало и окончание появления стробил, появление осенней окраски хвои и опадение хвои. Установлено, что весенние фазы могут начинаться с 5 апреля, когда происходит набухание почек и заканчиваться образованием стробил и полным охвоением вплоть до 3 мая. Период от появления осенней окраски хвои до полного опадения хвои может длиться с 23 сентября по 8 декабря. Установлены различия в сезонном развитии между лиственницами американской, европейской, сибирской, Сукачева, Кемпфера, Любарского, Потанина, ольгинской, даурской, курильской. Полученные данные необходимы для оценки адаптационного потенциала этих растений в условиях интродукции. Указаны суммы положительных температур, необходимых для набухания и распускания почек, разворачивания хвои, полного охвоения, начала появления стробил, массового появления стробил, окончания появления стробил, появления осенней окраски хвои, начала и окончания опадения хвои. При анализе межвидовых различий в сезонном развитии выявлена значительная вариабельность: один и тот же вид лиственницы может демонстрировать существенные различия в длительности фенологических фаз в разные годы. Нами представлены результаты исследования за 2022, 2023 и 2024 года. Выявлены климатические различия в этих годах. На графиках представлена связь между накоплением положительных температур и началом фенологических фаз, что подтверждает необходимость учета температурного фактора при прогнозировании появления стробил. Все исследованные виды успешно прошли полный цикл сезонного развития.

Ключевые слова: фенология, лиственница, стробилы, хвоя, температура.

Финансирование: Работа В.А. Брынцева, С.Л. Рысина, А.А. Коженковой выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН по теме № 122042700002-6.

Благодарности: автор благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Фенологические исследования различных видов лиственниц, произрастающих на территории ГБС РАН / М. А. Лавренов, А. А. Котов, В. А. Брынцев, С. Л. Рысин, А. А. Коженкова // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 2 (58). – С. 64-87. – Библиогр.: с. 83-86 (21 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.2/5>.

Поступила 0.03.2025. Пересмотрена 26.05.2025. Принята 05.06.2025. Опубликовано онлайн 26.06.2025.

Phenological studies of various types of larches growing on the territory of the main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences

Maxim A. Lavrenov,¹✉, lavrenov@bmstu.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>

Alexey A. Kotov,¹, lavrenov@bmstu.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-0136-2906>

Vladimir A. Bryntsev,², bryntsev@mail.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-6271-1444>

Sergey L. Rysin,², ser-rysin@yandex.ru,  <https://orcid.org/0009-0000-6635-3114>

Anna A. Kozhenkova,², kozhenkova@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-1518-7165>

¹*BMSTU (Mytishchi branch), Moscow reg., 1 st. Institutskaya, Mytishi, 141005, Russian Federation*

²*Moscow Botanical Garden of Academy of Sciences, Botanicheskaja, 4, Moscow, 127276, Russian Federation*

Abstract

The paper presents the timing of the onset of the phenological phases of various species of larches growing in the center of the European part of Russia. The swelling and budding, the unfolding of needles and the complete appearance of the needles, the beginning and end of the appearance of strobils, the appearance of autumn color of needles and the falling of needles were taken into account. It has been established that the spring phases can begin on April 5, when the buds swell and end with the formation of strobils and the appearance of needles until May 3. The period from the appearance of the autumn color of the needles to the complete fall of the needles can last from September 23 to December 8. Differences in seasonal development between American, European, Siberian, Sukachev's, Kempfer's, Lyubarsky's, Potanin's, Korean Dahurian, Dahurian, and Kurile Dahurian larches have been established. The data obtained are necessary to assess the adaptive potential of these plants under the conditions of introduction. We calculated the sum of positive temperatures necessary for the swelling and budding, the unfolding of the needles, the complete appearance of the needles, the beginning of the appearance of the strobils, the mass appearance of the strobils, the end of the appearance of the strobils, the appearance of the autumn color of the needles, the beginning and end of the fall of the needles. The analysis of interspecific differences in seasonal development revealed significant variability: the same species of larch can show significant differences in the duration of phenological phases in different years. We have presented the results of the study for 2022, 2023 and 2024. Climatic differences in these years have been revealed. The graphs show the relationship between the accumulation of positive temperatures and the onset of phenological phases, which confirms the need to take into account the temperature factor when predicting the appearance of strobils. All the studied species have successfully passed the full cycle of seasonal development.

Keywords: phenology, larch, strobils, needles, temperature.

Funding: The research was V.A. Bryntsev, S.L. Rysin, A.A. Kozhenkova carried out within the framework of the state assignment of Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences on topic № 22042700002-6.

Acknowledgments: author thank the reviewers for their contribution to the peer review.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

For citation: Lavrenov M.A., Kotov A.A., Bryntsev V.A., Rysin S.L., Kozhenkova A.A. (2025). Phenological studies of various types of larches growing on the territory of the main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. Forestry Engineering journal, Vol. 15, No. 2 (58), pp. 64-87 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.2/5>.

Введение

Исследование фенологического развития видов рода *Larix* Mill. представляет значительный

научный интерес, так как его результаты необходимы для оценки адаптационного потенциала этих

растений в условиях интродукции [1, 2] и понимания биологических и экологических аспектов их развития [3, 4].

На территории европейской части Российской Федерации лиственница является важным интродуцентом, обладающим рядом уникальных биологических характеристик, к числу которых относятся быстрый рост, высокая устойчивость к атмосферным загрязнениям, резистентность к грибковым заболеваниям и энтомовамителям, а также выраженные декоративные и рекреационные качества [5-7]. Поэтому исследования имеют важное прикладное значение для лесного хозяйства, городского озеленения и природоохранной деятельности.

Анализ фенологических фаз дает объективное представление о взаимодействии растений с окружающей средой и влиянии на них различных факторов [8-10], позволяет устанавливать оптимальные сроки для сбора семян, разрабатывать наиболее подходящие схемы воспроизводства леса [11, 12]. Сопоставление фаз развития древесных растений и сопутствующего им появления вредителей и болезней позволяет установить критерии для прогнозирования этих негативных явлений, помогает определить оптимальные временные рамки для борьбы с ними [13, 14].

Научной новизной является сравнительный анализ фенологического развития различных видов лиственниц в условиях г. Москвы (на примере ГБС РАН).

В условиях современного города, существенно отличающихся от природных условий, большинство видов вынуждены адаптироваться к неблагоприятным факторам, что существенно снижает их устойчивость. Городские зеленые насаждения, призванные улучшать качество жизни населения, зачастую сами нуждаются в защите от негативного воздействия урбанизированной среды. Состояние растений может служить индикатором таких воздействий, а реализация комплексного мониторинга, включающего фенологические наблюдения за растениями, необходимо для понимания реакции растительности на абиотические и биотические факторы окружающей среды [15].

Фенологический мониторинг выступает как эффективный инструмент при проектировании и организации ботанических садов и дендрариев. Понимание последовательности и конкретных сроков

прохождения ключевых фенологических фаз древесных растений позволяет осуществлять подбор их ассортимента и оптимальное территориальное размещение в целях создания устойчивых композиций, демонстрирующих максимальную декоративность от ранней весны до поздней осени.

Составление фенологического спектра на основе наблюдений может оказаться полезным при проведении экскурсий в парке или ботаническом саду. Фенологический спектр представляет собой графическое изображение сезонного развития растительных сообществ, где для каждого вида растений фиксируется начало и окончание различных фаз развития (вегетация, цветение, плодоношение). Это способствует рациональному планированию экскурсионной деятельности в парковых зонах и ботанических садах, организации мероприятий по сбору гербарных материалов и семенного сырья, а также проведению комплекса агротехнических мероприятий. Этот подход имеет существенную практическую ценность для специалистов в области дендрологии, ботаники, научных сотрудников и специалистов по ландшафтному дизайну в их профессиональной деятельности.

Целью работы являлось установление сроков наступления фенологических фаз различных видов лиственниц, произрастающих в Главном ботаническом саду РАН.

В задачи исследования входило выявление сумм положительных температур, необходимых для прохождения всех фенологических фаз, а также установление различия в сезонном развитии между различными видами лиственниц.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись 10 видов лиственниц.

Лиственница американская (*Larix laricina* (Du Roi) K.Koch) является одним из видов, генеративные органы которых исследованы только поверхностно не только в условиях интродукции, но и в естественных условиях произрастания. Достигает высоты 15-23 м и от 46 до 51 см в диаметре. В естественных условиях произрастания средняя длина хвои составляет 2,5 см при 10-20 хвоинках в пучке, средняя длина шишек равна 1,3-1,9 см, длина семян около 3 мм.

Лиственница европейская (*Larix decidua* Mill.) являются ценным интродуцентом как в России, так и за рубежом. Достигает в высоту 30-40 м при диаметре ствола 80-100 см. Хвоя в пучках по 20-40 штук, светло-зелёная, шишки яйцевидно-конические или продолговато-яйцевидные, длиной 2-4 см.

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) наряду с лиственницей даурской является одной из самых распространенных пород России. В ГБС РАН в 29 лет высотой 20,6 м, диаметр ствола 37/50 см. Нами установлено, что в условиях интродукции в Москву и Подмоскowie длина шишек лиственницы сибирской составляет 28-30 мм, ширина шишек 22-27 мм, число чешуй в шишках составляет в среднем 25-33 шт.

Лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dylis = *Larix sibirica* Ledeb.) достигает до 40 м и 1-1,2 м в диаметре. Хвоя лиственницы Сукачева по 20-60 шт. в пучке, узколинейная, длиной 15-50 мм. Шишки немного крупнее, чем у сибирской: 2,9-3,5 см. Видовая самостоятельность этой лиственницы оспаривается, в связи с этим проведение исследования является актуальным.

Лиственница Кемпфера (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière) высотой до 35 м и диаметром ствола до 100 см. По нашим исследованиям в условиях интродукции в Москву и Подмоскowie длина шишек лиственницы японской составляет 2,0-2,7 см, шишки шириной 1,6-2,1 см, число чешуй в шишках составляет 31-50 шт. Хвоя длиной 1,5-1,9 см.

Лиственница Любарского (*Larix lubarskii* Sukaczew = *Larix gmelinii* var. *olgensis* (A.Heury) Ostenf.) вырастает в высоту до 25 м при диаметре ствола до 60 см. В условиях интродукции в центр Европейской части России по нашим данным хвоя длиной 1,8-5,3 см, шишки длиной 2,3-4,2 см и шириной 0,9-2,1 см с 26-45 чешуями. Имеющиеся опыты интродукции лиственницы Любарского указывают на перспективность работ по ее селекции в ряде регионов страны, а также широкого использования в озеленении.

Лиственница Потанина (*Larix potaninii* Batalin) является одним из самых южных видов лиственниц. Достигает высоты до 30 м. Хвоя длиной 1,5-3 см, остроконечная, сверху и снизу килеватая. Шишки продолговато-яйцевидные, длиной 3-4,5 см, диаметром 2,5 см.

Лиственница ольгинская (*Larix gmelinii* var. *olgensis* (A.Heury) Ostenf.) достигают высоты до 25, реже до 30 м. Хвоя длиной от 2 до 3 см, узкая, килеватая, тёмно-зелёная, снизу сизая. Шишки имеют округленно-яйцевидную форму, длина 1,8-2,5 см. До сих пор нет единого мнения в отношении ее таксономического статуса, ареала и генетического родства с другими видами, в связи с этим исследования данного вида актуальны.

Лиственница даурская (*Larix gmelinii* (Rupr.) Göpp.) обычно достигает до 25 м в высоту и до 50 см в диаметре. По нашим исследованиям при интродукции лиственницы даурской в центр Европейской части России длина шишек составляет 1,8-2 см, ширина шишек равна 1,3-1,5 см и число чешуй в шишках составляет 26-28 шт. Длина хвои в условиях интродукции составляет 2,0-2,3 см. Является наиболее северной древесной породой.

Лиственница курильская (*Larix kurilensis* Maug = *Larix gmelinii* var. *japonica* (Maxim. ex Regel) Pilg.) достигает высоты до 20 м при 60-80 см в диаметре ствола. Хвоя длиной 1-2 см. Шишки шаровидные, 1-1,5 см длины, имеют 10-20 чешуй, расположенных в 3-4 ряда. Таксономический статус лиственницы курильской до сих пор до конца не ясен, что указывает на актуальность ее дальнейших исследований.

Названия видов приведены в соответствии с их номенклатурой на момент включения в коллекцию. Характеристика видов и время их включения в коллекцию приведены в монографии Древесные растения Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН: 60 лет интродукции [16].

Главный ботанический сад РАН находится на территории обширного зеленого массива на севере Москвы. Дендрологическая коллекция занимает 75 га центральной части сада, представляющей собой восточный склон моренного плато, сложенного красно-бурными валунными суглинками. Рельеф выровненный. Гидрологические условия: основной водоносный горизонт расположен на глубине 2-6 м в песчаных и супесчаных отложениях. Почвы дендрария дерново-среднеподзолистые, суглинистые с pH 5,1. Длина безморозного периода в среднем длится 214 дней. Продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 173 дня.

Естественные науки и лес

Среднегодовая температура воздуха $3,7^{\circ}$, абсолютный минимум $-40,8^{\circ}$, абсолютный максимум $35,8^{\circ}$. Среднегодовое количество осадков – 537 мм [16].

Полевые исследования проводились в течение 2022-2024 гг. Фенологические наблюдения за развитием лиственниц осуществлялись согласно общепринятым методикам [17-21]. В ходе исследований осуществлялся мониторинг следующих параметров:

- календарные даты наступления фенологических фаз;

- суммы положительных температур;

Были учтены следующие фенологические фазы:

- Набухание почек – Пч₁
- Распускание почек – Пч₂
- Развертывание хвои – Хв₁
- Полное охвоение – Хв₂
- Начало появления стробил – С₁
- Массовое появление стробил – С₂
- Окончание появления стробил – С₃

- Появление осенней окраски – Хв₃
- Начало опадения хвои – Хв₄
- Окончание опадения хвои – Хв₅

На рисунках для компактности фенологические фазы представлены в виде буквенных обозначений.

Основным критерием фиксации наступления фенологической фазы служило её проявление более чем у 50% исследуемых особей конкретного вида лиственницы. Для каждого исследуемого вида лиственницы было отобрано несколько модельных деревьев. Все исследуемые деревья произрастали в схожем типе условий местопроизрастания.

Учет фенологического развития проводился одними и теми же наблюдателями, один раз в два дня. Сумма положительных температур считалась на основании данных метеостанции ВДНХ с использованием Excel. Отсчет температур проводился с 1 января каждого исследуемого года.

Зависимость суммы положительных температур от календарных дат в 2022, 2023 и 2024 годах представлена на рисунке 1.

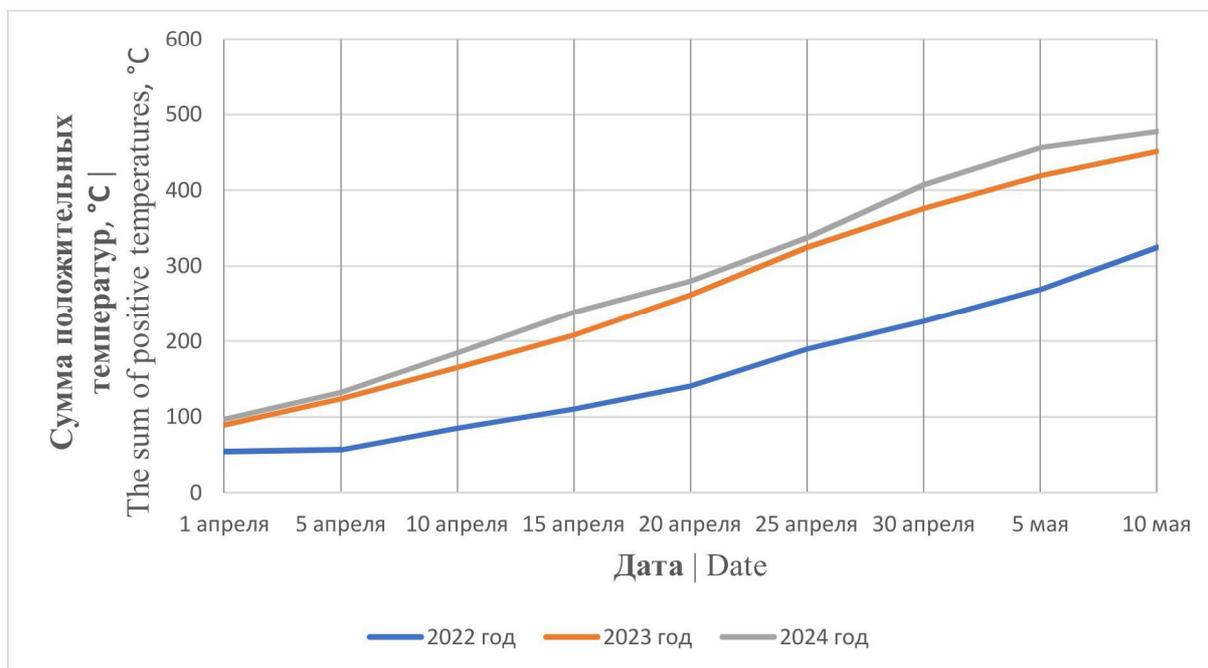


Рисунок 1. Рост суммы положительных температур в зависимости от календарной даты по годам

Figure 1. The increase in the sum of positive temperatures depending on the calendar date by year

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Анализ данных (рис. 1) показывает, что в 2023 и 2024 годах происходило схожее накопление сумм положительных температур и резкое отличие по данному показателю в более холодном 2022 году.

При построении графиков зависимости наступления фенологических фаз от суммы положительных температур (рисунки 2-11) для улучшения наглядности представления данных по оси ординат была применена логарифмическая шкала (по основанию 2). Это вызвано резкими отличиями в значениях сумм положительных температур весеннего периода по сравнению с осенним.

Для компактности изложения мы показываем (рисунки 2-11) зависимость наступления фенологических фаз каждого исследуемого вида по годам только от суммы положительных температур. Календарные даты и продолжительность прохождения фенофаз приведены в тексте. Сравнения средних дат наступления фенологических фаз (за 2022 -

2024 гг.) для исследованных видов лиственниц представлены в таблицах 1 и 2.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования лиственниц, успешно акклиматизировавшихся в условиях урбанизированной среды г. Москвы, проводилось комплексные фенологические наблюдения. В рамках исследования, фиксировались следующие ключевые фазы развития: весной проводилось наблюдение за распусканием хвои, при котором фиксировались даты набухания и распускания почек, разворачивания хвои и достижения полного охвоения; в период «цветения» (появления стробил) регистрировались даты начала формирования стробил, наступления массового «цветения» и завершения этой фазы; в осенне-зимний период осуществлялся мониторинг появления осенней окраски хвои и последующего листопада (опадения хвои). Эти наблюдения позволили получить полную картину сезонного развития изученных видов лиственниц.

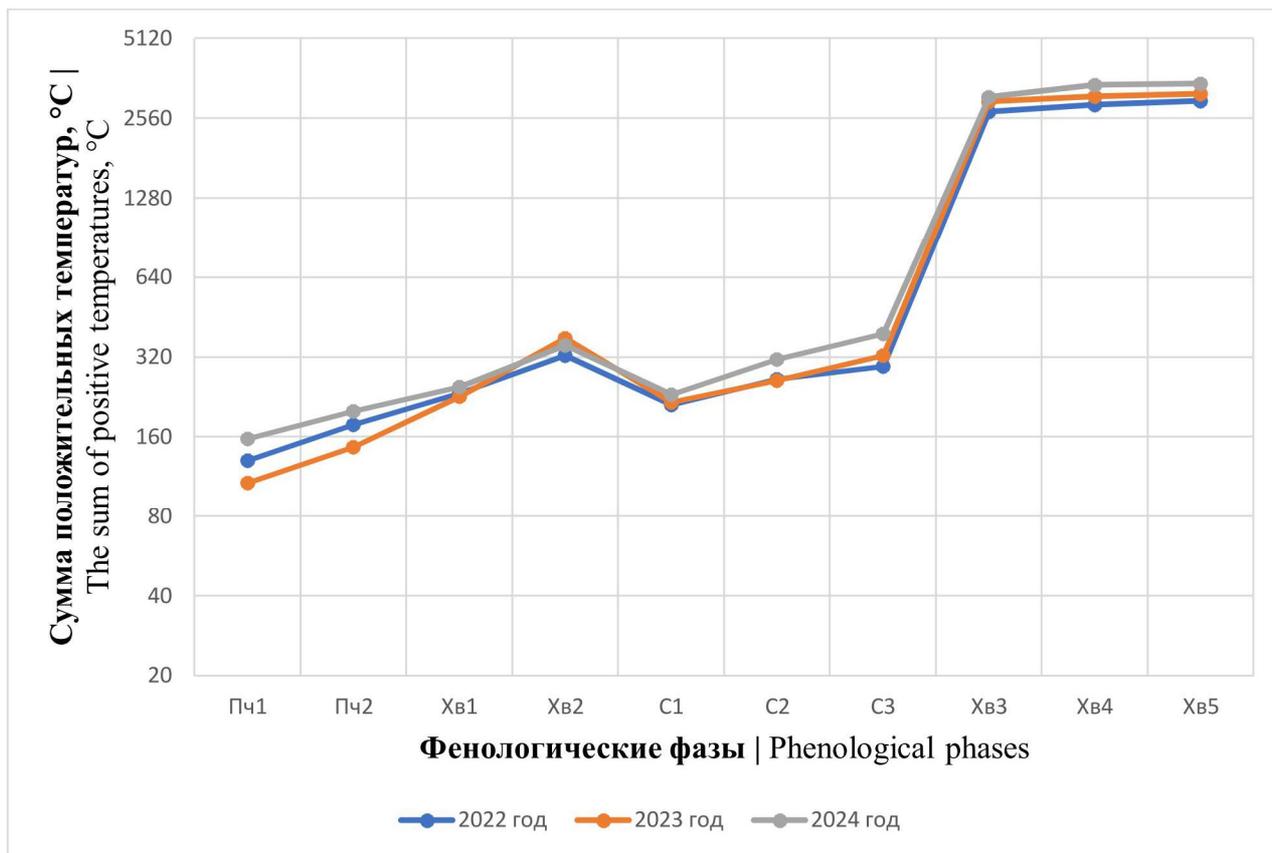


Рисунок 2. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы американской от суммы положительных температур

Figure 2. The dependence of the onset of phenological phases in American larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Естественные науки и лес

В период проведения исследований фенологические наблюдения за лиственницей американской (рис. 2) показали следующие результаты. Набухание почек фиксировалось в широком диапазоне дат - с 3 апреля 2023 г. по 19 апреля 2022 г. Данный разброс обусловлен вариациями в накоплении сумм положительных температур по годам.

При анализе фенофаз развития хвои выявлено: в 2022 и 2024 гг. начальная фенофаза наступала при накоплении температур 131-157 °С. В 2023 г. при достижении суммы температур 147 °С наблюдалось распускание почек. Общий диапазон суммы температур для начала распускания хвои составил 108-157 °С.

Фенофаза «цветения» характеризовалась следующими показателями: суммы положительных температур составляли 132-144 °С, сроки - с середины апреля (14.04.2024) до конца апреля (27.04.2022). Примечательно, что в 2023 г. окончание «цветения» пришлось на 25 апреля, тогда как в

2022 г. на эту дату (27 апреля) только начиналось формирование стробил.

Наиболее стабильный температурный интервал по годам отмечался при начале разветвления хвои - 227-248 °С. Этот диапазон температур показал наименьшую вариабельность в сроках наступления фенологической фазы по годам, что делает его наиболее надежным показателем для прогнозирования начала разветвления хвои.

Появление осенней окраски хвои наблюдалось в период с 23 сентября 2024 г. по 4 октября 2023 г., что представляет собой относительно короткий временной интервал, пригодный для дальнейшего прогнозирования фенологических явлений.

Полученные данные подчеркивают важность учета сумм положительных температур при прогнозировании фенологических фаз, наряду с календарными датами.

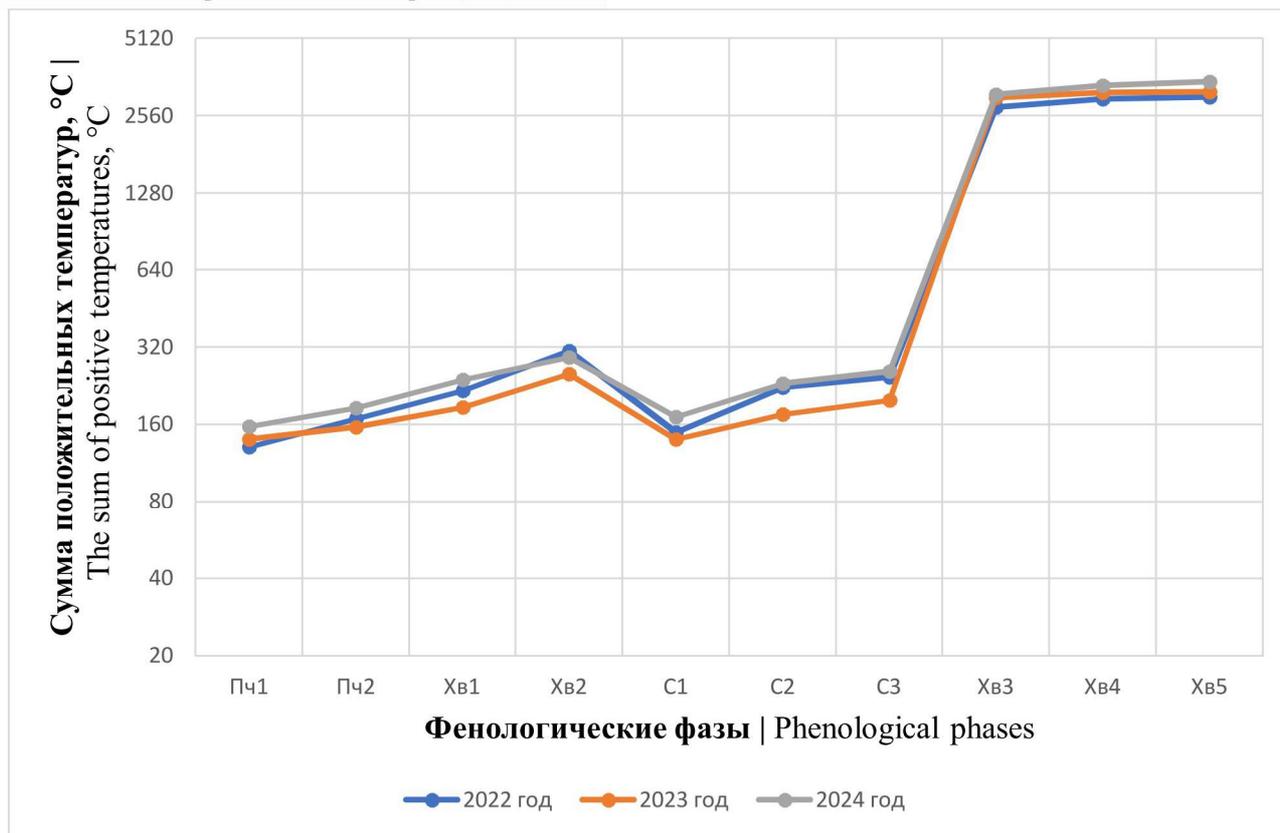


Рисунок 3. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы европейской от суммы положительных температур

Figure 3. The dependence of the onset of phenological phases in European larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Естественные науки и лес

Начало распускания листьев у лиственницы европейской (рис. 3) начинается при относительно близких суммах положительных температур, однако календарные даты существенно разнятся – от 7 апреля в 2023 г. до 19 апреля в 2022 г. Период от набухания почек до их распускания прошел у данного вида наиболее быстро и занял от 2 (в 2023 и 2024 гг.) до 4 дней (в 2022 г.). Дальнейший период между разворачиванием хвои и полным охвоением был более длительным и занимал до 10 дней включительно.

Появление стробил в разные годы начинается с 7 по 21 апреля. От появления первых стробил до их массового созревания проходит от 3 (в 2024 г.) до 8 дней (в 2022 г.). Осенняя окраска хвои появляется в промежутке от конца сентября (25 сентября 2024 г.) до середины октября (12 октября 2023 г.). Опадение хвои зарегистрировано с 21 октября по 9 ноября, при этом полное опадение хвои начинается лишь в декабре (от 1 до 13 декабря).

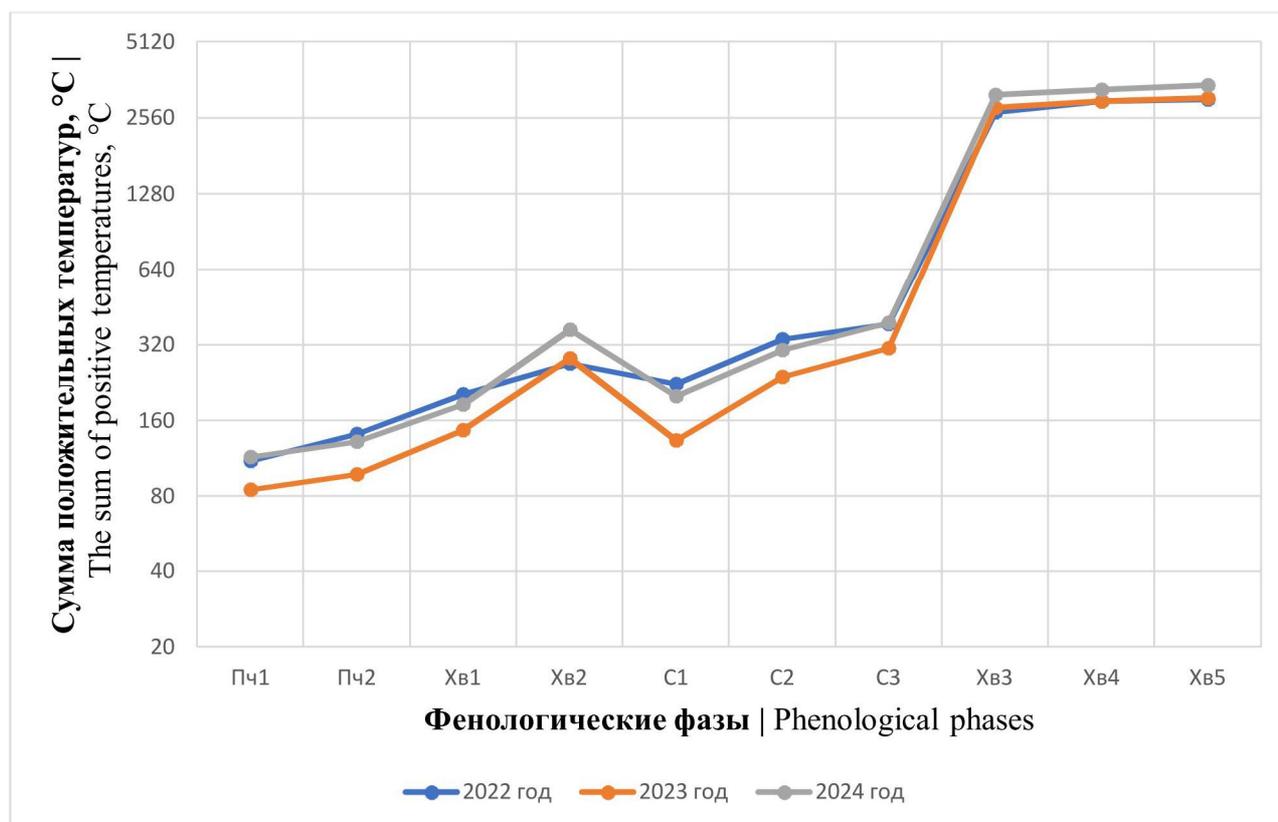


Рисунок 4. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы Кемпфера от суммы положительных температур

Figure 4. The dependence of the onset of phenological phases in Kempfer's larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Набухание почек лиственницы Кемпфера отмечалось с конца марта до середины апреля, в зависимости от года (рис. 4). При этом в 2023 г. период от набухания почек до разворачивания хвои наблюдался с 30 марта по 8 апреля, а в 2022 г. только спустя еще неделю (15 апреля) произошло набухание почек. Такая разница вызвана суммами положительных температур – 8 апреля 2023 г. было накоплено тепла больше, чем 15 апреля 2022 г. При этом в 2023 г. процесс от распускания почек до разворачивания хвои занимал больше времени – 14 дней против 9

дней в 2022 г., что немного выравнивает показатели перед полным охвоением лиственницы. В целом процесс распускания хвои длился от 20 дней (в 2022 г.) до 25 дней (в 2024 г.).

Процесс «цветения» проходил быстрее, чем охвоение – в среднем за 17 дней. В 2023 г. появление стробил произошло также намного раньше по сравнению с 2022 г. – 6 и 29 апреля соответственно. Завершилось «цветение» в период с 24 апреля (2023 г.)

Естественные науки и лес

по 15 мая (2022 г.). Накопленные суммы положительных температур при завершении цветения также отличались, как видно на рисунке 4.

Появление осенней окраски хвои для лиственницы Кемпфера приходится на конец сентября – с 23 по 28 сентября, в зависимости от года исследования.

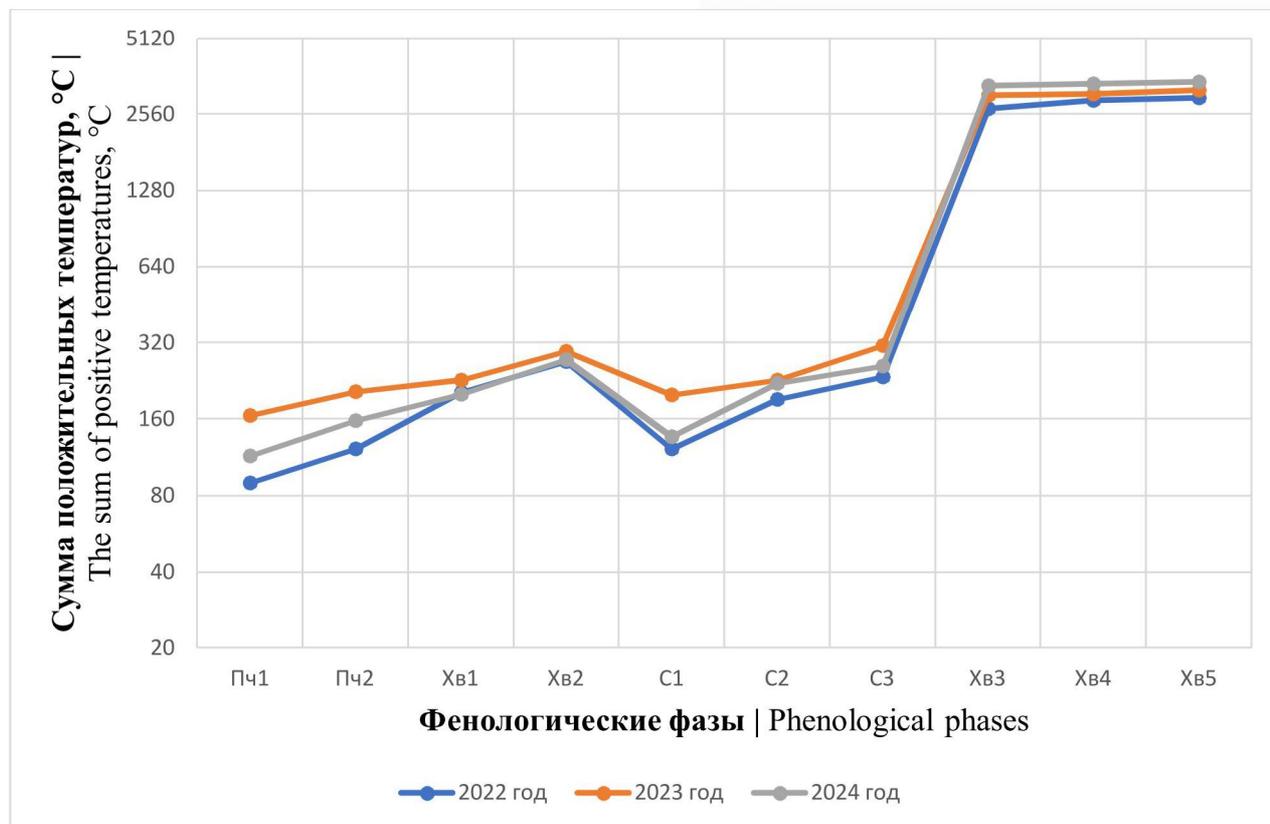


Рисунок 5. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы курильской от суммы положительных температур

Figure 5. The dependence of the onset of phenological phases in Kurile Dahurian larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

У лиственницы курильской (рис. 5) наиболее раннее набухание почек произошло в 2024 г. – 2 апреля, и к 19 апреля наступило полное охвоение. Наиболее длительный процесс распускания хвои наблюдался в 2022 г. – с 11 апреля по 5 мая.

Появление стробил, вслед за распусканием хвои, также наиболее ранним было в 2024 г. и длилось 11 дней – с 6 по 17 апреля. Примечательно, что

в 2022 г. цветение началось только 18 апреля и завершилось 1 мая.

Появление осенней окраски хвои начинается с 23 сентября (2022 г.) по 16 октября (2023 г.). Завершение опадения хвои приходится на начало-середину ноября.

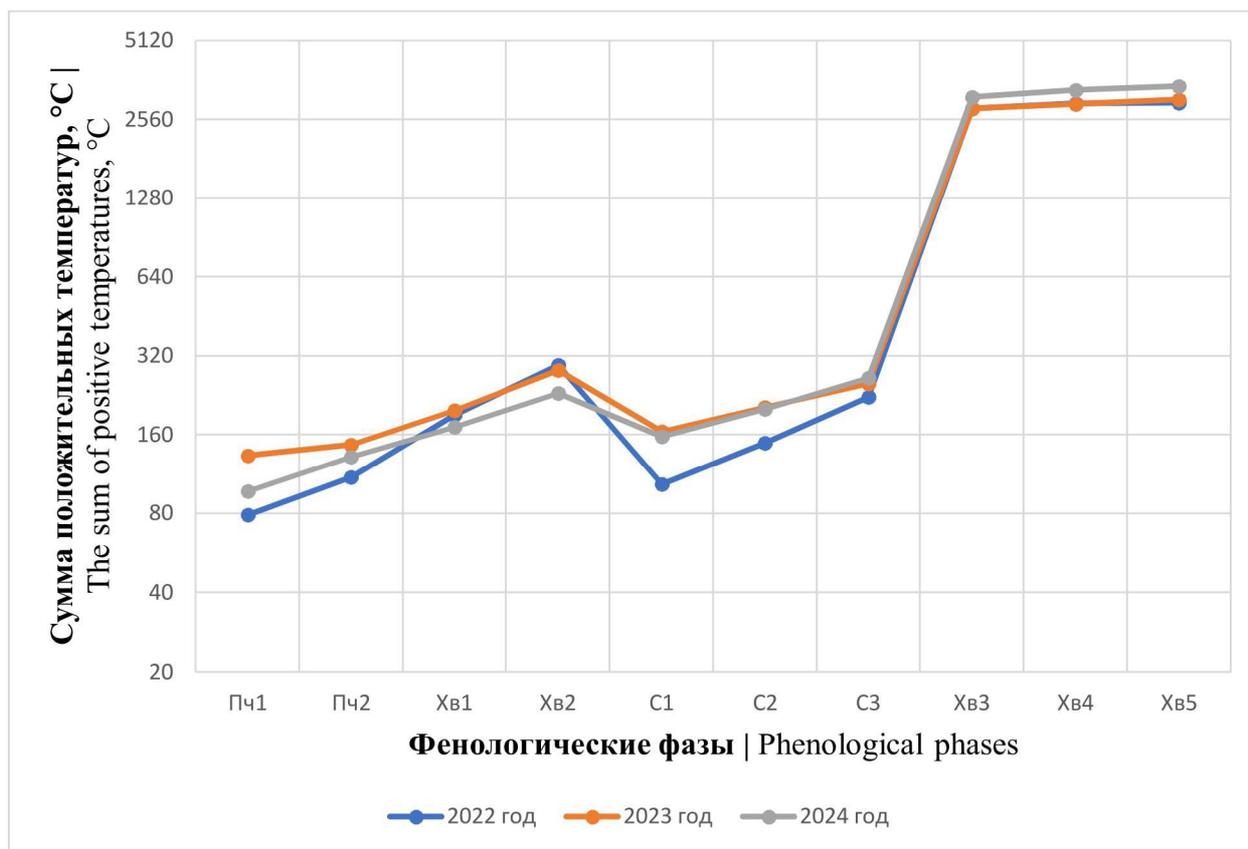


Рисунок 6. Зависимость наступления фенологических фаз от суммы положительных температур для лиственницы Любарского

Figure 6. The dependence of the onset of phenological phases in Lyubarsky's larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Распускание почек лиственницы Любарского наблюдалось в первой половине апреля (даты наступления фенофазы зафиксированы с 1 апреля 2024 г. по 9 апреля 2022 г.). Продолжительность цикла распускания хвои существенно варьировалась: в 2022 г., из-за более низких температур, процесс растянулся на 26 дней (полное охвоение наступило 7 мая), тогда как в 2024 г. период охвоения составил всего 10 дней и завершился 14 апреля. При-

мечательно, что в 2023 г., при сумме положительных температур, схожей с 2024 г., формирование хвои происходило медленнее и заняло 16 дней (окончилось 22 апреля). Процесс «цветения» занимал от 9 дней (в 2023 г.) до 15 дней (в 2022 г.). Формирование осенней окраски варьировалось от 24 сентября (2023 г.) до 7 октября (2022 г.). Полное опадение хвои происходило в период с 17 октября (2023 г.) по 6 ноября (2024 г.).

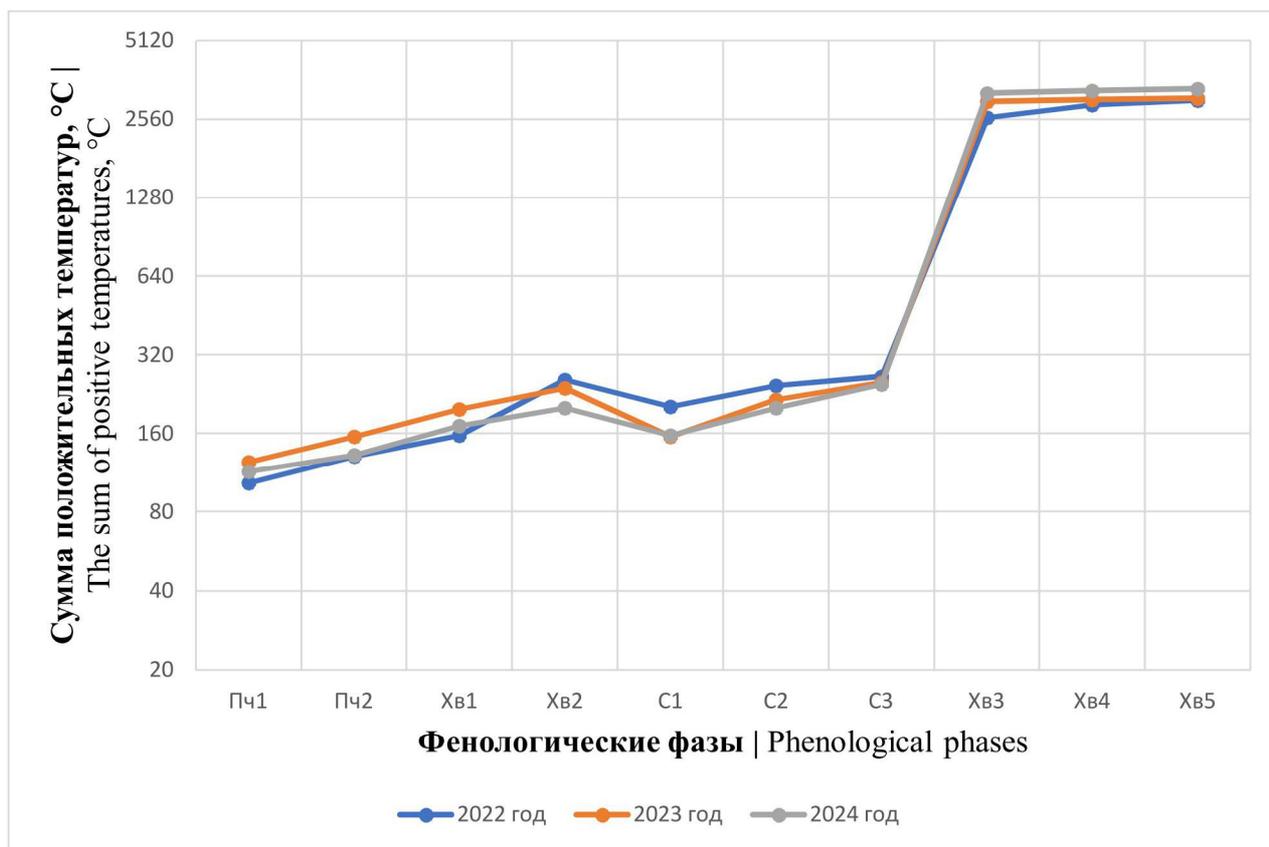


Рисунок 7. Зависимость наступления фенологических фаз от суммы положительных температур для лиственницы ольгинской

Figure 7. The dependence of the onset of phenological phases in Korean Dahurian larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Почки у лиственницы ольгинской (рис. 7) начинали набухать в начале-середине апреля. Весь процесс от набухания почек до полного охвоения длился от 9 до 19 дней в зависимости от того, насколько быстро накапливались суммы положительных температур. Появление стробил приходилось на период с 8 по 26 апреля, причем весь процесс «цветения» занимал всего 8-10 дней. Осенняя окраска хвои у лиственницы ольгинской начинала проявляться в 2022 г. 16 сентября, а в 2023 и 2024 гг. – только в октябре (9 и 3 октября соответственно).

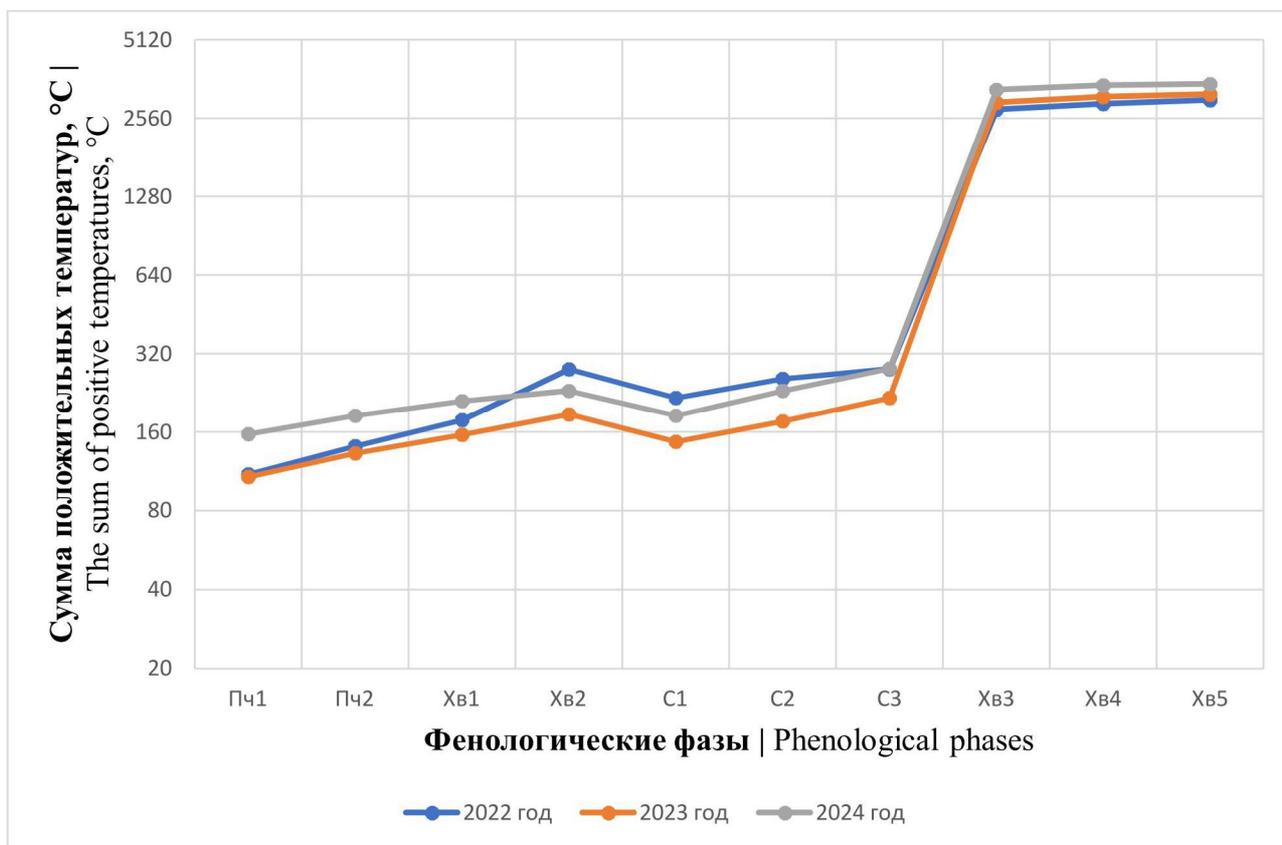


Рисунок 8. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы Потанина от суммы положительных температур

Figure 8. The dependence of the onset of phenological phases in Potanin's larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Длительность прохождения фенологических фаз при распускании хвои лиственницы Потанина (рис. 8) существенно различалась: в 2022 г. – 21 день, в 2023 г. – 9 дней, а в 2024 г. потребовалось всего 6 дней, чтобы пройти период от набухания почек до полного охвоения. Стоит отметить, что полное охвоение наступало в промежуток от 12 апреля (в 2023 г.) до 6 мая (в 2022 г.).

Формирование стробил варьировалось от 8 апреля (в 2023 г.) до 28 апреля (в 2022 г.). Завершение «цветения» приходилось на период с 16 апреля

(в 2023 г.) по 6 мая (в 2022 г.). Несмотря на различные сроки наступления фенологических фаз, общая продолжительность «цветения» оставалась примерно одинаковой – от 8 (в 2022 и 2023 гг.) до 10 дней (в 2024 г.).

Осенняя окраска хвои проявлялась в первой половине октября во всех исследуемых периодах, однако завершение листопада значительно различалось – от 20 ноября (в 2023 г.) до 14 декабря (в 2022 г.).

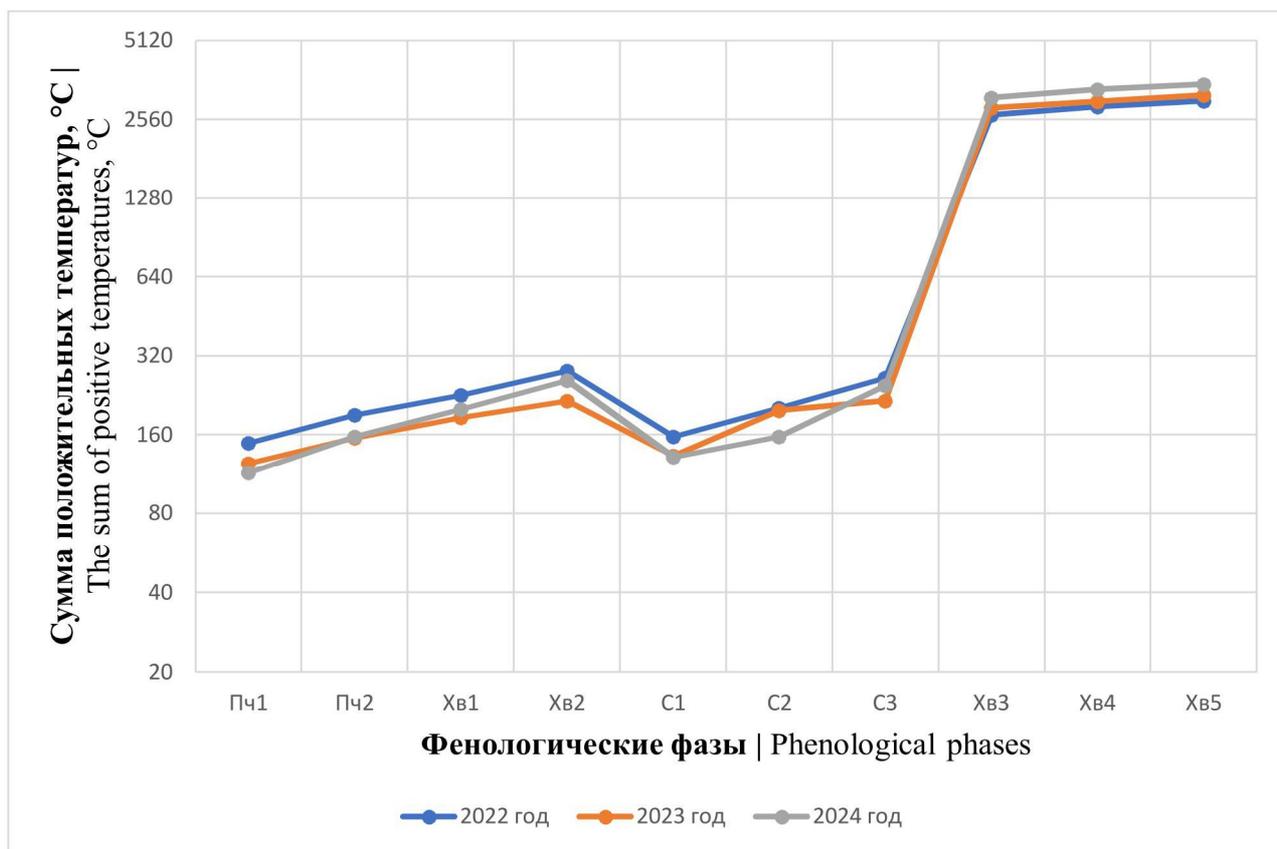


Рисунок 9. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы Сукачева от суммы положительных температур

Figure 9. The dependence of the onset of phenological phases in Sukachev's larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Набухание почек лиственницы Сукачева (рис. 9) в 2022 г. произошло 21 апреля при достижении суммы положительных температур значения 149 °С. В 2023 г. достаточным порогом оказалось преодоление отметки 125 °С (5 апреля), после чего у лиственницы Сукачева появились первые почки. В 2024 г. набухание почек наступило еще раньше – 2 апреля, когда сумма положительных температур составила 114°С. Период «цветения» составлял от 11

до 15 дней в исследуемые периоды. Формирование стробил у лиственницы Сукачева наблюдалось в период с 4 по 22 апреля. При этом во всех случаях цикл «цветения» длился 10-12 дней. Осенняя окраска хвои проявлялась в третьей декаде сентября, а опадание хвои происходило в промежутке от 18 ноября до 8 декабря.

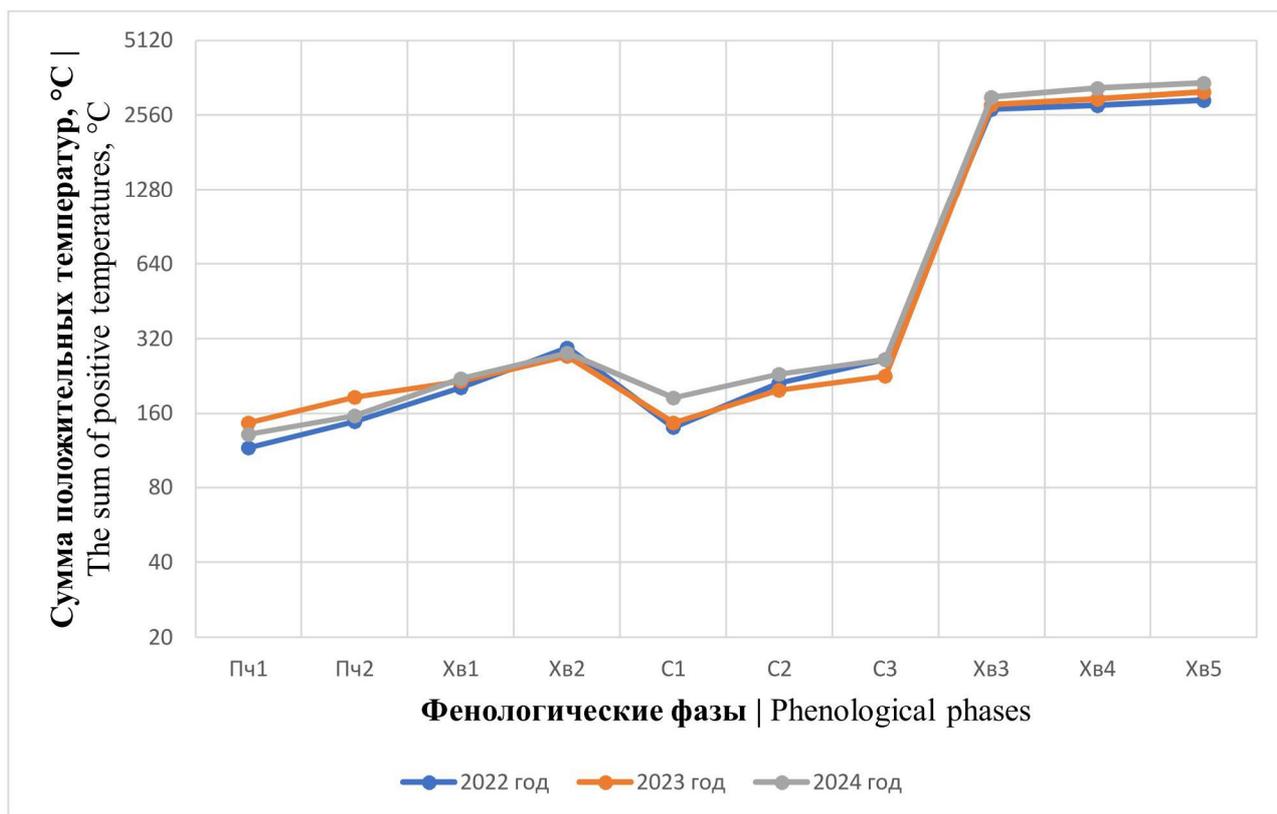


Рисунок 10. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы даурской от суммы положительных температур

Figure 10. The dependence of the onset of phenological phases in Dahurian larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Распускание хвои лиственницы даурской (рис. 10) длилось от 13 до 20 дней и приходилось на период с 4 апреля (зафиксировано в 2024 г.) по 17 апреля (в 2022 г.). Полное охвоение наблюдалось с 20 апреля (в 2024 г.) по 7 мая (в 2022 г.). «Цветение» проходило за 8-14 дней, начиналось с 8-20 апреля и

завершалось к 17 апреля-4 мая. Хвоя начинала обретать осеннюю окраску в 3 декаде сентября (во все исследуемые годы), а её опадение происходило в длительный промежуток – начиная с 27 октября (в 2022 г.) и завершаясь к 2 декабря (в 2023 г.).

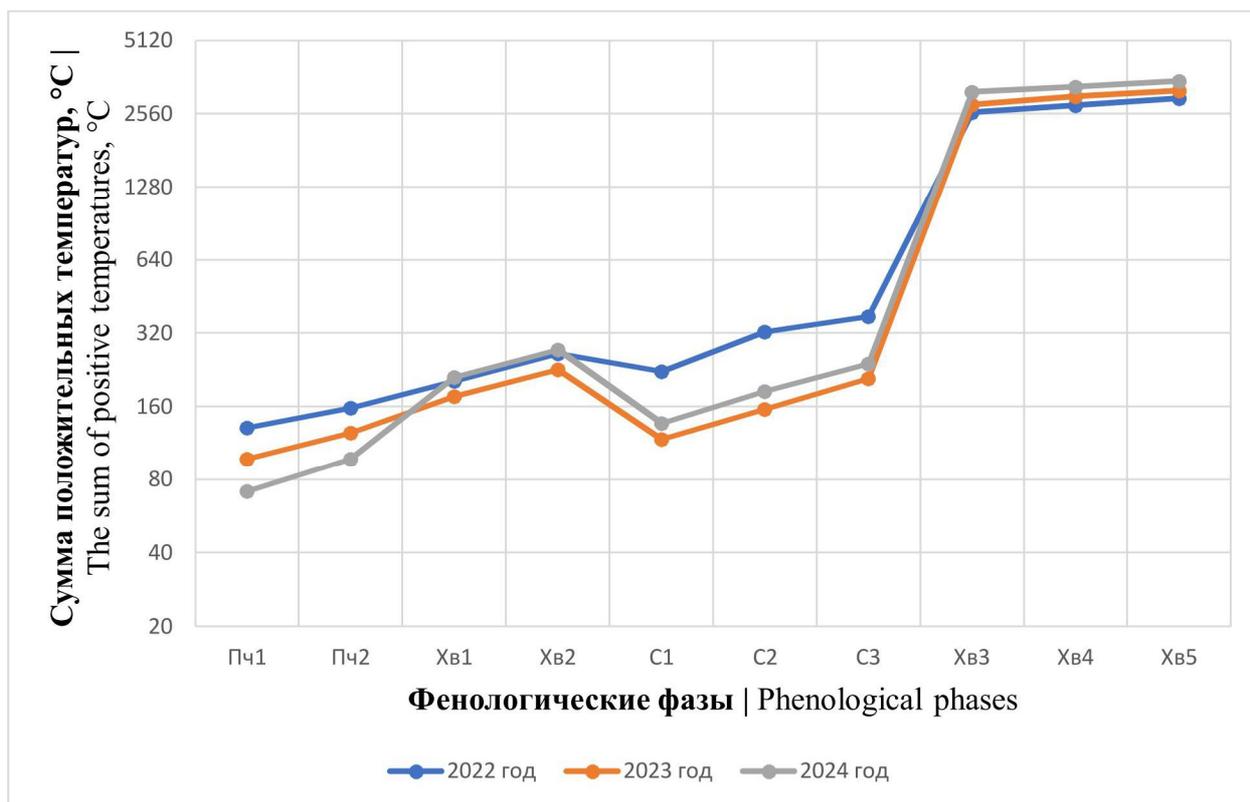


Рисунок 11. Зависимость наступления фенологических фаз у лиственницы сибирской от суммы положительных температур

Figure 11. The dependence of the onset of phenological phases in Siberian larch on the sum of positive temperatures

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Набухание почек лиственницы сибирской отмечалось при накоплении суммы положительных температур всего в 72 °С и произошло 30 марта 2024 г. Однако весь процесс охвоения занял длительный промежуток времени и составил 20 дней. В 2023 г. начало вегетации произошло при достижении показателем суммы положительных температур значения 98°С, набухание почек произошло 2 апреля с длительностью всех фаз охвоения в 15 дней. Однако в 2022 г. для начала вегетации потребовалось накопление суммы положительных температур в 131°С, и набухание почек состоялось только 19 апреля, при этом процесс охвоения занимал также 15 дней (как и в 2023 г.).

Накопленные суммы положительных температур при «цветении» (как видно на рисунке 12) также существенно различались: если в 2023-2024 гг. такой суммы температур (117-136 °С) было достаточно для начала цветения (начало «цветения»

отмечено 4 и 6 апреля соответственно), то в 2022 г. для появления стробил потребовалось больше накопленных температур, и процесс начался только 29 апреля.

Осенняя окраска хвои появлялась с 16 по 28 сентября. Окончание «листопада» происходило в период с 7 ноября (2022 г.) по 2 декабря (2024 г.).

В таблицах 1 и 2 представлены средние даты наступления фенологических фаз различных видов лиственниц. Взяты средние значения за период с 2022 по 2024 гг.

Таблица 1

Фенологический календарь сезонного развития видов лиственниц в ГБС РАН (распускание хвои, цветение)

Table 1

Phenological calendar of the seasonal development of larch species in the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (budding needles, flowering)

Вид species	30 марта March 30	2 апреля April 2	4 апреля April 4	6 апреля April 6	8 апреля April 8	10 апреля April 10	12 апреля April 12	14 апреля April 14	16 апреля April 16	18 апреля April 18	20 апреля April 20	22 апреля April 22	24 апреля April 24	26 апреля April 26	28 апреля April 28	30 апреля April 30	2 мая May 2	4 мая May 4
лиственница американская American larch																		
лиственница европейская European larch																		
лиственница сибирская Siberian larch																		
лиственница Сукачева Sukachev's larch																		
лиственница Любарского Lyubarsky larch																		
лиственница Потанина Potanin's larch																		
лиственница ольгинская Korean Dalnial larch																		
лиственница курильская Kurile Dalnial larch																		
лиственница даурская Dahurian larch																		
лиственница Кемпфера Kempfer larch																		

Условные обозначения | Symbols:

Набухание почек buds swell	Распускание почек buds break	Массовое появление стробил The mass appearance of strobil	Развертывание хвои deployment of needles	Окончание появления стробил The end of strobil's appearance	Полное охвоение full deployment of needles
Начало появления стробил The beginning of the appearance of strobil					

Естественные науки и лес

При изучении процесса распускания почек (таблица 1) установлено, что наиболее раннее набухание наблюдается у лиственницы Любарского. При этом наиболее быстрое охвоение характерно для лиственниц Потанина и ольгинской, тогда как у лиственницы американской этот процесс происходит позднее остальных видов.

В среднем набухание почек начинается с 5 по 11 апреля, однако наблюдаются значительные отклонения от этих сроков. Так, самое раннее набухание почек было зафиксировано 30 марта (у лиственницы Кемпфера в 2023 г. и лиственницы сибирской в 2024 г.), а самое позднее - 21 апреля (у лиственницы Сукачева в 2022 г.).

Что касается фенофазы «цветения», то её начало раньше всего отмечается у лиственниц Любарского и Сукачева. При этом наиболее раннее

окончание «цветения» характерно для лиственницы европейской. Самые поздние сроки окончания формирования стробил зафиксированы у лиственницы Кемпфера.

В среднем период «цветения» длится с 11 апреля по 3 мая. Однако наблюдаются значительные отклонения: самое раннее начало цветения зафиксировано 4 апреля (у лиственницы сибирской в 2023 г. и лиственницы Сукачева в 2024 г.), а самое позднее окончание - 29 апреля (у лиственницы Кемпфера в 2022 г.).

Таким образом, фенологические фазы развития лиственниц характеризуются значительной вариабельностью сроков, что необходимо учитывать при проведении наблюдений и планировании практических мероприятий.

Естественные науки и лес

Таблица 2*

Фенологический календарь сезонного развития видов лиственниц в ГБС РАН (появление осенней окраски хвои, опадение хвои)†

Table 2*

Phenological calendar of seasonal development of larch species in the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (appearance of autumn color of needles, falling of needles)†

Вид species	Даты Dates												
	18 сентября September 18	22 сентября September 22	26 сентября September 26	30 сентября September 30	4 октября October 4	8 октября October 8	12 октября October 12	16 октября October 16	20 октября October 20	24 октября October 24	28 октября October 28	1 ноября November 1	
лиственница аме- риканская Ameri- can larch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
лиственница евро- пейская European larch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
лиственница си- бирская Siberian larch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
лиственница Су- качева Sukachev's larch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
лиственница Лю- барского Ljubarsky larch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
лиственница По- танна Potanin's larch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
лиственница оль- гинская Korean Dahurian larch	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	10 декабря December 10	6 декабря December 6	2 декабря December 2	29 ноября November 29	25 ноября November 25	21 ноября November 21	17 ноября November 17	13 ноября November 13	9 ноября November 9	5 ноября November 5	1 ноября November 1	28 октября October 28	24 октября October 24

Осенние фенофазы также имеют свои видовые особенности. Наиболее раннюю осеннюю окраску хвои демонстрирует лиственница Кемпфера, тогда как самая поздняя окраска наблюдается у лиственницы курильской. При рассмотрении процесса опадения хвои установлено, что этот процесс начинается раньше всего у лиственницы даурской, а позже всех - у лиственницы европейской. Полное опадение хвои раньше всего отмечается у лиственницы Любарского, а позже всех - у лиственницы европейской.

Важно отметить, что при анализе межвидовых различий в сезонном развитии наблюдается значительная вариабельность. Примечательно, что один и тот же вид лиственницы может демонстрировать существенные различия в длительности фенологических фаз в разные годы.

Заключение

В результате проведенных исследований были изучены фенологические фазы развития лиственниц американской, европейской, сибирской, Сукачева, Кемпфера, Любарского, Потанина и ольгинской в условиях г. Москвы.

Сравнительный анализ показал следующие закономерности. Распускание хвои начинается в период с 5 по 11 апреля (набухание почек) и завершается полным охвоением с 21 апреля по 2 мая. «Цветение» начинается с образования стробил с 11 по 19 апреля и заканчивается с 21 апреля по 3 мая. Осенняя окраска хвои появляется с 23 сентября по 7 октября. Полное опадение хвои происходит с 7 октября по 8 декабря. При этом были отмечены значительные межгодовые различия.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Фенологическое развитие различных видов лиственниц в условиях Москвы характеризуется определенной ритмичностью, при этом наблюдаются значительные межвидовые и межгодовые различия в сроках прохождения основных фаз развития.

2. Установлена четкая связь между накоплением положительных температур и началом фенологических фаз, что подтверждает ведущую роль температурного фактора в регуляции сезонного развития лиственниц.

3. Выявленная вариабельность сроков прохождения фенологических фаз указывает на высокую адаптивную способность лиственниц к меняющимся климатическим условиям урбанизированной среды.

4. Продолжительность фенофаз варьирует значительно: промежуток времени от набухания почек до полного охвоения может длиться от 6 (лиственница Потанина, 2024 г.) до 27 дней (лиственница американская, 2023 г.), а период цветения - от 6 (лиственница европейская, 2023 г.) до 18 дней (лиственница Кемпфера, 2023-2024 гг.).

5. Все исследованные виды успешно проходят полный сезонный цикл развития в условиях центра Европейской части России, что свидетельствует об их потенциальной пригодности для городского озеленения региона.

6. Полученные данные предельных значений сумм положительных температур при наступлении фенологических фаз имеют важное практическое значение для прогнозирования сроков вегетации и «цветения» различных видов лиственниц в условиях урбанизированной среды.

Таким образом, проведенные исследования не только позволили установить характерные сроки прохождения основных фенологических фаз у различных видов лиственниц в условиях Москвы, но и выявили важные закономерности их адаптивного поведения в урбанизированной среде, выражающиеся более ранним началом распускания хвои и появления стробил по сравнению с деревьями из естественных условий произрастания. Полученные результаты могут служить основой для оптимизации интродукции и использования лиственниц в городском озеленении, а также для прогнозирования их сезонного развития в условиях меняющегося климата.

Список литературы

1. Шемберг А.М., Третьякова И.Н. Исследование семенной продуктивности *Larix sibirica* и *Larix gmelinii* в Сибири // Хвойные бореальной зоны. – 2024. – Т. 42. - № 4. – С. 33-37. – DOI 10.53374/1993-0135-2024-4-33-37.

2. Антипин Н.А., Меркер В.В. Лиственницы даурские (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) в истории города Челябинска // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. – 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 16-24. – DOI 10.14529/ssh220102.
3. Di X., Meng X., Wang M. Range-wide genetic diversity in natural populations of *Larix principis-rupprechtii* Mayr. *Journal of Forestry Research*. 2021; 32 (1): 319-327. – DOI 10.1007/s11676-019-01085-7.
4. Мазаев С.А., Острошенко Л.Ю. Влияние стимуляторов роста на посевные качества семян лиственницы Комарова (*Larix x Komarovii* В. Kolesn.) // Аграрный вестник Приморья. – 2021. – № 2(22). – С. 72-76. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46625468>.
5. Sun Yu., Jin X., Pukkala T., Li F. Predicting Individual Tree Diameter of Larch (*Larix olgensis*) from UAV-LiDAR Data Using Six Different Algorithms. *Remote Sensing*. 2022; 14 (5): 1125. – DOI 10.3390/rs14051125.
6. Исаева Л.Г., Ершов В.В., Урбанавичюс Г.П., Боровичев Е.А. Интродукция кедра и лиственницы в условиях Кольского Заполярья // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 4(394). – С. 41-57. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-4-41-57.
7. Кузьмин С.Р., Рубцов А.В., Барченков А.П., Карпюк Т.В. Дифференциация климатипов лиственниц (*Larix* spp.) в географических культурах в лесостепи Средней Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2021. – № 56. – С. 170-188. – DOI 10.17223/19988591/56/8.
8. Аношкина Л.В., Рунова Е.М., Смолина Н.В. Фенологические наблюдения за древесными интродуцентами в г. Братске // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2022. – № 62. – С. 106-109. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49774591>
9. Козловский Б.Л., Куропятников М.В., Федоринова О.И. Фенология древесных интродуцентов Ботанического сада ЮФУ // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону – Таганрог: Южный федеральный университет, 2020. – 228 с. – ISBN 978-5-9275-3553-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44616967&ysclid=m9eqfqkh7a154459432>.
10. Димитриев А.В. Фенологические наблюдения в школьных лесничествах Чувашской Республики в осенне-зимний период // Экологический вестник Чувашской Республики. – 2021. – № 81. – С. 94-97. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67271260>.
11. Боровикова А.А., Антонов А.М. Сезонное развитие и качество семян видов рода *Larix* Mill. // Наукосфера. – 2022. – № 6-1. – С. 146-151. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49206080>.
12. Карбасникова Е.Б., Бабич Н.А., Карбасников А.А. Особенности сезонного развития лиственницы (*Larix* Mill.) в условиях южной подзоны тайги // Лесной вестник. *Forestry Bulletin*. – 2020. – Т. 24, № 3. – С. 53-59. – DOI 10.18698/2542-1468-2020-3-53-59.
13. Антонов А.М., Боровикова А.А. Сезонное развитие коллекции Pinaceae Lindl дендросада имени И. М. Стратоновича // *Journal of Agriculture and Environment*. – 2024. – № 4(44). – DOI 10.23649/JAE.2024.44.1.
14. Кищенко И.Т. Влияние климатических факторов на сезонное развитие хвойных лесообразующих видов в таежной зоне (Карелия) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 3(375). – С. 72-82. – DOI 10.37482/0536-1036-2020-3-72-82.
15. Янцер О.В., Скок Н.В. Фенологические методы исследований в изучении динамики ландшафтов: общий обзор // Вестник Башкирск. ун-та. – 2016. – Т. 21. – № 1. – С. 91-100. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27672813>.
16. Древесные растения Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН: 60 лет интродукции / отв. ред. А. С. Демидов; Гл. ботан. сад им. Н. В. Цицина. – М.: Наука, 2005. – 586 с. Режим доступа: <http://nskhuman.ru/shipunov/biblbook.php?nbook=6265&ysclid=matoh3as55889611056>.
17. Методика ведения фенологических наблюдений: Памяти основоположника русской фенологии Дмитрия Никифоровича Кайгородова (1846–1924) / Д.Р. Владимиров, А.А. Гладилин, А.Е. Гнеденко, А.И. Глухов, В.А. Грудинская, Н.С. Здравчев, П.А. Лебедев, А.А. Минин, И.В. Мироненко, С.А. Сенатор, К.А. Симакова, А.В. Тихомирова, М.Н. Шайкина, Л.Ю. Шипилина, А.Г. Ширяев, А.А. Юрманов, О.В. Янцер. – Санкт-Петербург:

Альпина ПРО, 2023. – 208 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=hryvja&ysclid=m9fgw06vks503789660>

18. Рекомендации по унификации фенологических наблюдений в России / А.А. Минин, А.А. Ананин, Ю.А. Буйволов, Е.Г. Ларин, П.А. Лебедев, Н.В. Поликарпова, И.В. Прокошева, М.И. Руденко, И.И. Сапельникова, В.Г. Федотова, Е.А. Шуйская, М.В. Яковлева, О.В. Янцер // *Nature Conservation Research. Заповедная наука.* – 2020. – Т. 5. - № 4. – С. 89-110. – DOI 10.24189/ncr.2020.060.

19. Емельянова О.Ю., Цой М.Ф., Масалова Л.И. Фенологические наблюдения как основа формирования базы данных феноспектров древесных растений // *Овощи России.* – 2020. – № 6. – С. 77-84. – DOI 10.18619/2072-9146-2020-6-77-84.

20. Лазарева О.Н., Моисеева Л.В., Вуколова Е.Г. Фенологические наблюдения: ритмы в природе. – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2017. – 212 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=поврпнв&ysclid=m9fh4yjy2m879095447>

21. Соловьева В.В. Фенонаблюдения за древесно-кустарниковыми растениями как средство формирования исследовательских умений учащихся // *Самарский научный вестник.* – 2020. – Т. 9.- № 1(30). – С. 273-277. – DOI 10.17816/snv202091310.

References

1. Shemberg A.M., Tretyakova I.N. *Issledovanie semennoy produktivnosti Larix sibirica i Larix gmelinii v Sibiri* [Study of seed productivity of *Larix sibirica* and *Larix gmelinii* in Siberia]. *Khvoynye boreal'noy zony= Conifers of the boreal zone.* 2024; 42 (4): 33-37. DOI 10.53374/1993-0135-2024-4-33-37. (In Russ.).

2. Antipin N.A., Merker V.V. *Listvennitsy daurskie (Larix gmelinii (Rupr.) Rupr.) v istorii goroda Chelyabinsk* [Daurian larches (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) in the history of the city of Chelyabinsk]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sotsial'no-gumanitarnye nauki = Bulletin of the South Ural State University. Series: Social and Humanitarian Sciences.* 2022; 22 (1): 16-24. DOI 10.14529/ssh220102. (In Russ.).

3. Di X., Meng X., Wang M. Range-wide genetic diversity in natural populations of *Larix principis-rupprechtii* Mayr. *Journal of Forestry Research.* 2021; 32 (1): 319-327. DOI 10.1007/s11676-019-01085-7.

4. Mazaev S.A., Ostroshenko L.Yu. *Vliyaniye stimulyatorov rosta na posevnye kachestva semyan listvennitsy Komarova (Larix x Komarovii B. Kolesn.)* [The effect of growth stimulators on the sowing qualities of Komarov larch seeds (*Larix x Komarovii B. Kolesn.*)]. *Agrarnyy vestnik Primor'ya = Agrarian Bulletin of Primorye.* 2021; 2(22): 72-76. (In Russ.).

5. Sun Yu., Jin X., Pukkala T., Li F. Predicting Individual Tree Diameter of Larch (*Larix olgensis*) from UAV-LiDAR Data Using Six Different Algorithms. *Remote Sensing.* 2022; 14 (5): 1125. DOI 10.3390/rs14051125.

6. Isaeva L.G., Ershov V.V., Urbanavichyus G.P., Borovichev E.A. *Introduktsiya kedra i listvennitsy v usloviyakh Kol'skogo Zapolyar'ya* [Introduction of cedar and larch in the conditions of the Kola Arctic]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal= News of higher educational institutions. Forest Magazine.* 2023; 4(394): 41-57. DOI 10.37482/0536-1036-2023-4-41-57. (In Russ.).

7. Kuz'min S.R., Rubtsov A.V., Barchenkov A.P., Karpyuk T.V. *Differentsiatsiya klimatipov listvennits (Larix spp.) v geograficheskikh kul'turakh v lesostepi Sredney Sibiri* [Differentiation of climatypes of larches (*Larix* spp.) in geographical cultures in the forest-steppe of Central Siberia]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Bulletin of Tomsk State University. Biology.* 2021; 56: 170-188. DOI 10.17223/19988591/56/8. (In Russ.).

8. Anoshkina L.V., Runova E.M., Smolina N.V. *Fenologicheskie nablyudeniya za drevesnymi introdutsentami v g. Bratske* [Phenological observations of tree introducers in Bratsk]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa= Actual problems of the forest complex.* 2022; 62: 106-109. (In Russ.).

9. Kozlovskiy B.L., Kuropyatnikov M.V., Fedorinova O.I. Phenology of Arboreal Introducers of the SFU Botanical Garden. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; Southern Federal University. Rostov-on-Don – Taganrog: Southern Federal University, 2020. 228 p. (In Russian).

10. Dimitriev A.V. *Fenologicheskie nablyudeniya v shkol'nykh lesnichestvakh Chuvashskoy Respubliki v osennim zimniy period* [Phenological observations in school foresters of the Chuvash Republic in the autumn-winter period]. *Ekologicheskiy vestnik Chuvashskoy Respubliki = Ecological Bulletin of the Chuvash Republic*. 2021; 81: 94-97. (In Russ.).
11. Borovikova A.A., Antonov A.M. *Sezonnoe razvitie i kachestvo semyan vidov roda Larix Mill.* [Seasonal development and seed quality of species of the genus Larix Mill.]. *Naukosfera = The science sphere*. 2022; 6-1: 146-151. (In Russ.).
12. Karbasnikova E.B., Babich N.A., Karbasnikov A.A. *Osobennosti sezonnogo razvitiya listvennitsy (Larix Mill.) v usloviyakh yuzhnoy podzony taygi* [Features of seasonal development of larch (Larix Mill.) in the southern taiga subzone]. *Lesnoy vestnik = Forestry Bulletin*. 2020; 24 (3): 53-59. DOI 10.18698/2542-1468-2020-3-53-59. (In Russ.).
13. Antonov A.M., Borovikova A.A. *Sezonnoe razvitie kolleksii Pinaceae Lindl dendrosada imeni I.M. Stratonovicha* [Seasonal development of the Pinaceae Lindl collection at the I.M. Stratonovich Arboretum]. *Journal of Agriculture and Environment*. 2024; 4(44). DOI 10.23649/JAE.2024.44.1. (In Russ.).
14. Kishhenko I.T. *Vlijanie klimaticheskikh faktorov na sezonnoe razvitie hvoynykh lesobrazujushhih vidov v taezh-noj zone (Karelija)* [Influence of climatic factors on the seasonal development of coniferous forest-forming species in the taiga zone (Karelia)]. *Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal = News of higher educational institutions. Forest Magazine*. 2020; 3(375): 72-82. DOI 10.37482/0536-1036-2020-3-72-82. (In Russ.).
15. Jancer O.V., Skok N.V. *Fenologicheskie metody issledovanij v izuchenii dinamiki landshaftov: obshhij obzor* [Phenological research methods in the study of landscape dynamics: a general overview]. *Vestnik Bashkirskogo universiteta = Bulletin of the Bashkir University*. 2016; 21 (1): 91-100. (In Russ.).
16. Woody plants of the N. V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences: 60 years of introduction / ed. by A. S. Demidov; N. V. Tsitsin Main Botanical Garden, Moscow: Nauka Publ., 2005. 586 p. (In Russ.).
17. Vladimirov D.R., Gladilin A.A., Gnedenko A.E., Gluhov A.I., Grudinskaja V.A. et al. *Methods of conducting phenological observations: In memory of Dmitry Nikiforovich Kaigorodov (1846-1924), the founder of Russian phenology*. Saint-Petersburg: Al'pina PRO, 2023. 208 p. (In Russ.).
18. Minin A.A., Ananin A.A., Bujvolov Ju.A., Larin E.G., Lebedev P.A. et al. *Rekomendacii po unifikacii fenologicheskikh nabljudenij v Rossii* [Recommendations for the unification of phenological observations in Russia]. *Zapovednaja nauka = Nature Conservation Research*. 2020; 5 (4): 89-110. DOI 10.24189/ncr.2020.060. (In Russ.).
19. Yemelyanova O.Yu., Tsoi M.F., Masalova L.I. *Fenologicheskie nabljudeniya kak osnova formirovaniya bazy dannykh fenospektrov drevesnykh rastenij* [Phenological observations as the basis for the formation of a database of woody plant phenomena]. *Ovoshhi Rossii = Vegetables of Russia*. 2020; 6: 77-84. DOI 10.18619/2072-9146-2020-6-77-84. (In Russ.).
20. Lazareva O.N., Moiseeva L.V., Vukolova E.G. *Phenological observations: rhythms in nature*. Yekaterinburg: Ural State Pedagogical University, 2017. 212 p. (In Russ.).
21. Solovyova V.V. *Fenonabljudeniya za drevesno-kustarnikovymi rastenijami kak sredstvo formirovaniya issledovatel'skih umenij uchashhihsja* [Phenological observations of arboreal and shrubby plants as a means of forming students' research skills]. *Samarskiy nauchnyj vestnik = Samara Scientific Bulletin*. 2020; 9 (1(30)): 273-277. DOI 10.17816/snv202091310. (In Russ.).

Сведения об авторах

✉ *Лавренов Максим Александрович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ЛТ1-МФ. Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Служ. адрес: 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д.1., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>, e-mail: lavrenov@mgul.ac.ru.

Естественные науки и лес

Котов Алексей Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры ЛТ1-МФ. Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Служ. адрес: 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д.1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0136-2906> E-mail: kotov@mgul.ac.ru.

Брынцев Владимир Альбертович - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник ГБС РАН, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6271-1444>, e-mail: bryntsev@mail.ru.

Рысин Сергей Львович - кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ГБС РАН, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6635-3114>, e-mail: ser-rysin@yandex.ru.

Коженкова Анна Альбертовна - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, научный сотрудник ГБС РАН, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1518-7165> e-mail: kozhenkovaa@yandex.ru.

Information about authors

✉ *Maxim A. Lavrenov* – Cand. Sc. (Agriculture), associate professor of the department LT-1, BMSTU (Mytishchi branch), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>, e-mail: lavrenov@mgul.ac.ru.

Alexey A. Kotov – Dr. Sci. (Technical), Prof. of the department LT-1 BMSTU (Mytishchi branch), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0136-2906>, e-mail: kotov@mgul.ac.ru.

Vladimir A. Bryntsev – Dr. Sci. (Agriculture), associate professor, Chief Scientific Officer of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6271-1444>, e-mail: bryntsev@mail.ru.

Sergey L. Rysin – Cand. Sci. (Biological), associate professor, leading researcher, Head of the Laboratory of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6635-3114>, e-mail: ser-rysin@yandex.ru.

Anna A. Kozhenkova – Cand. Sc. (Agriculture), associate professor, Researcher of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1518-7165>, e-mail: kozhenkovaa@yandex.ru.

✉ - Для контактов/Corresponding