

Герасимова Анастасия Андреевна

**ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ Г. ТЮМЕНИ**

03.02.08 – экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Работа выполнена на кафедре ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Института биологии ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет»

- Научный руководитель:** доктор сельскохозяйственных наук,
профессор,
Боме Нина Анатольевна
- Официальные оппоненты:** **Чернышенко Оксана Васильевна,**
доктор биологических наук, профессор,
зав. кафедрой ботаники и физиологии
растений Московского государственного
университета леса
- Шепелева Людмила Федоровна,**
доктор биологических наук, профессор,
зав. кафедрой ботаники и экологии растений
Сургутского государственного университета
- Ведущая организация:** **Филиал ВНИИЛМ «Сибирская лесная
опытная станция»**

Защита диссертации состоится «26» июня 2015 г. в 13-00 на заседании диссертационного совета Д 220.064.02 при Государственном аграрном университете Северного Зауралья по адресу:
625003, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7.
Тел./факс: (3452) 46-87-77; E-mail: dissTGSHA@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья и на сайте <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «30» апреля 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат с.-х. наук

Литвиненко Н.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На протяжении последних десятилетий отмечены постоянно меняющиеся экологические условия окружающей среды, связанные с абиотическими процессами. Оценить эти воздействия можно по фенологическим данным развития растений, содержащим информацию о механизмах влияния на растение внешних модифицирующих факторов (Владимиров, Микулина, 1986; Владимиров, 1999; Воскресенская, 2004; Кузнецова, 2014). Несмотря на разнообразные ботанические исследования юга Тюменской области, практически отсутствуют данные по изучению сезонной ритмики древесно-кустарниковой растений на урбанизированных территориях.

Проведение фенологического экомониторинга необходимо для понимания реакции древесно-кустарниковой растительности на абиотические и биотические факторы окружающей среды, а также для структурных и функциональных характеристик аборигенных и интродуцентных видов.

Цель исследования – изучение особенностей сезонного развития аборигенной и интродуцентной дендрофлоры г. Тюмени с применением метода экологического мониторинга, формирование базы данных для комплексной оценки состояния озеленения в городской среде.

Задачи:

1. Изучить сезонное развитие аборигенных (*Betula pendula* Ehrh., *Tillia cordata* Mill., *Larix sibirica* Ledeb., *Malus baccata* L., *Sorbus aucuparia* L., *Padus avium* Mill.) и интродуцентных (*Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Acer negundo* L., *Acer ginnala* Maxim., *Syringa josikae* Jacq., *Syringa vulgaris* L.) видов древесно-кустарниковых растений г. Тюмени по срокам наступления и продолжительности фенологических фаз.

2. Изучить влияние температурного фактора на сезонное развитие растений в различных административных округах г. Тюмени.

3. Определить зависимость прохождения фенологических фаз древесно-кустарниковых растений от температурного фактора.

4. На основе комплексной оценки выявить виды, обладающие высокими адаптивными свойствами в условиях городской среды.

5. Создать единую базу данных фенологического мониторинга для оценки состояния растений, используемых в озеленении населенных пунктов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Сроки наступления и продолжительность фенологических фаз древесно-кустарниковых растений являются биоиндикаторами климатических и антропогенных изменений в городской среде.

2. Интродуцентные виды отличаются более поздними сроками весенних фаз развития (на 3-8 суток), имеют более длительный период вегетации (174-233 суток), по сравнению с аборигенными видами (166-227 суток).

3. Многолетний фенологический мониторинг, включающий сбор и обобщение первичной информации, формирование базы данных, позволяет дать

оценку происходящих изменений в сезонной ритмике растений в городской среде и рекомендовать виды для озеленения.

Научная новизна. Получены новые данные о развитии древесно-кустарниковых растений в г. Тюмени на основе многолетних фенологических наблюдений (2006-2012 гг.). Составлено 93 феноспектра (для 12 видов за 7 лет), изучена сезонная динамика аборигенных и интродуцентных видов растений, выявлены их феноаномалии.

Показано, что различия между аборигенными и интродуцентными видами растений по срокам наступления и продолжительности фенологических фаз зависят от метеорологических и антропогенных факторов окружающей среды. На основе корреляционного анализа выявлена существенная зависимость сроков наступления фенофаз (рост побегов, раскрытие почечных чешуй, цветение, образование плода) и продолжительности фенофаз (набухание почек, развитие листовой пластинки, развитие плода) от суммы активных температур.

Практическая значимость. Создан программный комплекс для ЭВМ Geomotion GEC (№2014661223, 2014), позволяющий оценить экологическую ситуацию в городской среде по состоянию зеленых насаждений и разработать комплекс мероприятий по охране озелененных территорий.

Полученные данные могут быть рекомендованы Департаменту городского хозяйства Администрации города Тюмени, для подбора ассортимента древесно-кустарниковых растений и размещения на территории города с учетом антропогенной нагрузки.

В методику фенологических наблюдений в ботанических садах СССР (1979) предлагается внести дополнения по регистрации фенологических фаз и построению феноспектров с учетом особенностей роста и развития растений.

Результаты исследования и методические подходы по фенологическому мониторингу зеленых насаждений могут быть использованы в учебном процессе для студентов вузов, обучающихся по направлениям: Биология, Ландшафтная архитектура.

Апробация работы. Основные результаты исследований доложены на Международной конференции «Урбозкосистемы» (Ишим, 2008), Международной конференции «Беккеровские чтения» (Волгоград, 2010), научно-практической конференции «Человек и Север: антропология, археология, экология» (Тюмень, 2010, 2015), конкурсе «Региональная научно-практическая конференция молодых инноваторов» (Тюмень, 2012, 2013, 2014), Международной конференции «Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов» (Тюмень, 2012, 2014), форуме Уральского федерального округа «УТРО – Урал территория развития» (Челябинская обл., Карагайский бор, 2014), заседании Тюменского отделения Русского ботанического общества (Тюмень, 2015).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (№2014615973/69).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, библиографического списка, включающего 238 наименований, из них 22 на иностранном языке. Работа изложена на 273 странице машинописного текста, содержит 83 рисунка и 78 таблиц в приложении.

Личный вклад автора состоит в аналитическом обзоре литературы, выборе объектов, разработке программы, проведении полевых исследований, в обработке, анализе, интерпретации и обобщении результатов.

Благодарности. Автор выражает благодарность и признательность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Н.А. Боме и консультанту, кандидату биологических наук М.В. Семеновой за помощь в подготовке диссертации и участие в обсуждении результатов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Обоснована актуальность работы, поставлена цель исследования, сформулированы задачи, определены научная новизна и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

1 Обзор литературы

Анализируются литературные данные, отражающие основные этапы развития фенологического мониторинга и факторы, влияющие на развитие растений (Преображенский и др., 1948; Коновалов, 1953; Шнелле, 1961; Серебряков, 1968; Бейдеман, 1974). Дан анализ роли и функции зеленых насаждений в улучшении городской среды (Шиголев и др., 1949; Шульц, 1981; Фокина и др., 2013; Федотова и др., 2014), а также загрязняющих веществ атмосферного воздуха (Клюева, 2002; Луканин и др., 2003; Сокольская, 2004).

2 Характеристика района исследования

Тюмень – административный центр Тюменской области, расположен в подтаежной зоне умеренного пояса, на которую приходится климатический оптимум Западно-сибирской равнины. В главе дана общая информация о природных условиях г. Тюмени и Тюменской области (географическое положение, климат, почвы, растительность), распределение техногенной нагрузки и загрязняющих веществ, значение зеленых насаждений.

3 Объекты и методика исследований

Исследования проведены в 2006-2012 гг. на кафедре ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры ТюмГУ.

Объекты исследований - 6 аборигенных видов древесно-кустарниковых растений (берёза бородавчатая, липа сердцевидная, лиственница сибирская, яблоня ягодная или сибирская, рябина обыкновенная, черёмуха обыкновенная) и 6 интродуцентных видов (дуб черешчатый, клён остролистный, клён ясенелистный, клён приречный, сирень венгерская, сирень обыкновенная).

Изучение древесно-кустарниковых растений проводили в 4-х административных округах г. Тюмени: Восточном, Ленинском, Центральном, Калининском, всего обследована 21 точка на территории города. Фенологический мониторинг проводили маршрутным методом (Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР, 1979). По ходу маршрута для определения сроков наступления фенологических фаз выбиралось 10-25 модельных растений каждого вида, всего обследовано 260 растений. Растения выбирались случайно, им присваивался индивидуальный номер с указанием места нахождения, наблюдения проводили за строго определёнными экземплярами. Фенологические наблюдения проводили 2-3 раза в неделю в период вегетации (от начала набухания почек до опадения листьев); феноаномалии учитывали на протяжении всего календарного года.

По проявлению сезонных изменений растений, учтены следующие фенологические фазы: Пч1 – чешуйки, прикрывающие почку, начали раздвигаться, между ними видна светлая полоса; Пч2 – чешуйки расходятся, появляется кончик молодого листа; Пб1 – полностью появляется молодой побег; О1 – у основания зеленого побега образуется молодая кора; О2 – кора покрывает весь побег; Л1 – первый сморщенный лист; Л2 – листья появились полностью, но не расправились (начало зеленения); Л3 – появление первых развернувшихся листьев; Л4 – осеннее окрашивание листьев; Л5 – опадение листьев; Ц1 – цветочные почки крупнее листовых; Ц2 – чешуйки, прикрывающие почку расходятся, из верхушки появляется молодой бутон; Ц3 – из пазухи листьев или цветочной почки заметен выход бутонов; Ц4 – у представителей вида распустилось 50% цветков; Ц5 – опадение соцветий; Пл1 – опадение венчиков у единичных цветков; Пл2 – образовавшиеся плоды достигли величины зрелых; Пл3 – плоды приобретают характерную окраску; Пл4 – опадение плодов (Преображенский, 1948; Шульц, 1966; Бейдеман, 1974; Александрова, 1979).

Для дальнейшей статистической обработки эмпирические данные переводили в условные числа с использованием таблицы Ф. Шнелле (Зайцев, 1984). По данным фенологического мониторинга построены фенологические спектры.

В течение трех лет (2009-2011) изучалось сезонное развитие древесно-кустарниковых растений в районах, расположенных в Восточном, Ленинском, Центральном, Калининском АО г. Тюмени, и испытывающих антропогенную нагрузку (скверы, парки и улицы с повышенной концентрацией CO₂, NO₂, формальдегида и сажи). Контролем служили деревья на 23 км Велижанского тракта (превышение ПДК загрязняющих веществ воздуха не обнаружено).

4 Результаты исследований и их обсуждение















4.1 Фенологические наблюдения за аборигенными видами древесно-кустарниковых растений. Аборигенные виды растений, относились к 4 семействам: сосновые (*Pinaceae* Lindl.), розоцветные (*Rosaceae* Juss.), липовые (*Tiliaceae* Juss.), берёзовые (*Betulaceae* L.).

Figure 1 displays six horizontal phenological diagrams, one for each species, showing the duration of various life stages from March to October. The stages are represented by different hatching patterns: horizontal lines for vegetation, diagonal lines for flowering, cross-hatching for fruiting, and stippling for other stages. Lines connect the start and end dates of these stages for each species.

- Malus baccata* L.
- Sorbus aucuparia* L.
- Padus avium* Mill.
- Betula pendula* Ehrh.
- Tilia cordata* (L.) Mill.
- Larix sibirica* Ledeb.

The x-axis at the bottom indicates the months and specific dates: March (30, 5), April (1, 15, 30), May (5, 10, 15, 20, 25, 30), June (5, 10, 15, 20, 25, 30), July (5, 10, 15, 20, 25, 30), August (5, 10, 15, 20, 25, 30), September (5, 10, 15, 20, 25, 30), and October (5, 10, 15, 20, 25, 30).

Примечание:

- 1  - $\Pi\chi_1$ 6  - Π_4 11  - $\Pi\lambda_3$
2  - $\Pi\chi_2$ 7  - Π_5 12  - $\Pi\lambda_4$
3  - $\Pi\delta_1 \rightarrow \Pi\delta_2$ 8  - $\Pi_2 \rightarrow \Pi_2 \rightarrow \Pi_3$ 13  - $\Pi\chi_{1/2}$
4  - $\Pi_1 \rightarrow \Pi_2$ 9  - $\Pi_4 \rightarrow \Pi_5$ 14  - $\Pi\chi_{1/3}$
5  - $\Pi_1 \rightarrow \Pi_2 \rightarrow \Pi_3$ 10  - $\Pi\lambda_1 \rightarrow \Pi\lambda_2$

Яблоня сибирская (*Malus baccata* L.) относится к одному из ведущих семейств *Rosaceae*, используемых в озеленении территорий г. Тюмени. Набухание вегетативных и генеративных почек (2006-2012 гг.) начиналось на 32 сутки (первая декада апреля), при сумме активных температур 18-26°C. Позднее набухание почек отмечено в 2006 г. (10-15 апреля), что связано с нехарактерными для данного периода года отрицательными температурами воздуха (до -8°C). Фаза Пч₂ наблюдалась по усредненным данным 26 апреля. Развитие листовой пластинки проходило с конца апреля по I декаду мая, в течение 7-13 суток. Цветение яблони начиналось на 76 сутки (15 мая), сумма активных температур достигала 236-428°C. Раннее цветение отмечено в 2008 г., позднее - в 2006 и 2009 гг. Формирование и созревание плодов протекало в течение 2-3 месяцев. Начало осенних фаз у большинства деревьев начиналось в I, начале II декады сентября. На центральных магистралях города, осенняя окраска листьев появлялась в III декаде августа.

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) характеризуется высокой декоративностью, зимостойкостью, неприхотливостью и в условиях г. Тюмени используется в одиночных и групповых посадках скверов, бульваров и парков.

Фенологическое развитие рябины начиналось в среднем на 34 сутки (3 апреля), распускание вегетативных почек – на 54 сутки (23 апреля), сумма активных температур в этот период составляла 100-190°C. Появление зеленого конуса (Л1) в годы исследований, за исключением 2009 г., отмечалось в конце III декады апреля. В 2009 г. в связи с понижением температуры воздуха в конце апреля – начале мая до 2-3°C, наблюдались более поздние даты наступления фазы

(5-8 мая), что привело к задержке развития листовой пластинки на 10 суток. Начало цветения приходилось на конец апреля – начало мая. Длительность периода развития и созревания плодов достигала 2-3 месяца. В 2008 г. (6-10 сентября) зафиксировано повторное зацветание рябины на площади 400-летия Тюмени и ул. Мельникайте; феноаномалия связана с погодными условиями. После непродолжительной засухи в начале августа, отмечены обильные осадки ($R=174$ мм) на фоне повышенной температуры воздуха.

Черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.). На территории г. Тюмени растения данного вида часто представлены кустом высотой 4-6 м и в основном используются для озеленения придомовых территорий, реже встречаются в садах, скверах и парках. Вегетация (Пч1) начиналось на 36 сутки (I декада апреля), при установлении среднесуточной температуры воздуха выше 5°C, продолжительность фазы 13-20 суток. В 2006 г. отмечены более поздние сроки фазы (10-14 апреля), что связано с затяжной и холодной весной. Сроки раскрытия почечных чешуй варьировали от 2 до 7 суток, при поздней вегетации период удлинялся на 5 суток. Полное развитие листовой пластинки отмечено на 57-78 сутки (26 апреля-17 мая). В 2008-2009 гг. понижение температуры воздуха в начале мая до 2-3°C способствовало задержке фаз Л2 и Л3 в среднем на 10 суток. Фаза Ц4 была в конце апреля – начале мая. Начало созревания плодов происходило на 151 сутки (29 июля), созревание длилось 17-53 суток в зависимости от места произрастания. Появление первых окрашенных листьев (Л4) начиналось в конце августа (21-28) – начале сентября (2-5), опадение листьев – в I декаде сентября, окончание – в I декаде октября.

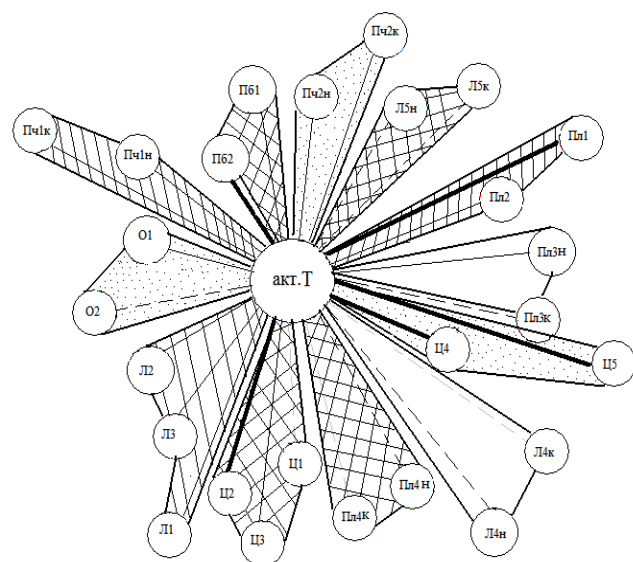
Береза повислая или бородавчатая (*Betula pendula* Ehrh.) относится к одному из распространенных семейств *Betulaceae* L. в г. Тюмени и встречается практически на всех улицах и скверах города. Вегетация деревьев начиналась при установлении положительных температур воздуха в пределах 4-7°C, в среднем на 36 сутки (5 апреля). Фаза Пч2 наблюдалась 21 апреля, продолжительность 4-7 суток. Поздние сроки фазы отмечены в 2006 г. (25-27 апреля), тогда как в 2007, 2008, 2011 гг. фазу фиксировали на 7-14 суток раньше. Развитие листовой пластинки (Л1, Л2) начиналось 4-8 мая, размеры взрослого листа (Л3) отмечены к концу I декады мая (на 69 сутки). Период цветения совпадал с распусканием листьев. В среднем за годы исследований зацветание (Ц4) происходило на 53 сутки (22 апреля). Начало периода зацветания наблюдали с III декады апреля до начала мая, продолжительность цветения равна 13-15 суток. Начало созревания плодов (Плз) было 6-12 сентября. Фенологических аномалий не было.

Липа сердцевидная (*Tilia cordata* (L.) Mill.) По усредненным данным весеннее развитие липы начиналось при установлении положительных температур выше 4-9°C, на 49 сутки (18 апреля). Раннее разворачивание почечных чешуй (Пч2) отмечено в 2006 г. на 79-82 сутки (18-21 мая), на 8-14 суток раньше по сравнению с другими годами. Листья появлялись на 72 сутки (11 мая), развитие листовой пластинки (Л1, Л2 и Л3) наблюдалось 7-16 мая, развитие до размеров взрослого

листа продолжалось 4-9 суток. Цветение отмечалось во II декаде мая, продолжительность цветения 13-25 суток. Развитие плодов протекало в течение одного месяца, начало созревания (плод окрашивался в коричневый цвет) 10-28 августа. Расцветивание (Л4) и опадение листьев (Л5) начинались в начале I и II декад сентября.

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) По данным многолетних наблюдений набухание вегетативных почек происходило в среднем на 36 сутки (5 апреля), при установлении положительных температур выше 3-5°C. Развитие весенних фаз зависит от температурного фактора. Так в 2006 г. при отрицательных значениях температуры воздуха до середины апреля, фазы набухания вегетативных почек фиксировали с 12 по 15 апреля, тогда как в последующие годы наблюдений Пч1 отмечали на 5-12 суток раньше (30 марта - 9 апреля). Появление зеленого конуса (Пч2н) наблюдалось на 51 сутки (20 апреля), завершение фазы разворачивания хвои (Пч2к) – 23 апреля - 5 мая. Приобретение хвоей величины взрослых листьев, наступало при температуре воздуха от 10 до 13°C, на 63 сутки (2 мая). Начало роста лиственницы в высоту (Пб1) наблюдалось в конце III декады апреля – I декады мая. В июне-июле растения характеризовались наиболее активным ростом. Признаки осеннего окрашивания хвои (Л4) видны в середине сентября при снижении температуры воздуха до 5-8°C. Опадение листьев происходило при отрицательной температуре (-2-3°C), в конце октября – начале ноября. Визуально отмечена фаза плодоношения, количество плодоносящих деревьев составила 63- 82%.

Влияние температурного фактора на сезонное развитие аборигенных видов древесно-кустарниковых растений. На основании корреляционного



Обозначения:

Связь дат наступления фенофаз с суммой активных температур:

- — — — — сильная корреляционная связь ($R=0,7-0,9$)
- — — — — средняя корреляционная связь ($R=0,5-0,7$)
- - - - - слабая корреляционная связь ($R=0,3-0,5$)
- · · · · очень слабая корреляционная связь ($R=0,1-0,3$)

Связь продолжительности фаз с суммой активных температур:

- ▨ — сильная корреляционная связь ($R=0,7-0,9$)
- ▤ — средняя корреляционная связь ($R=0,5-0,7$)
- ▧ — слабая корреляционная связь ($R=0,3-0,5$)
- — очень слабая корреляционная связь ($R=0,1-0,3$)

Рисунок 2 - Зависимость сроков наступления и продолжительности фенологических фаз аборигенных видов от суммы активных температур (2006-2012 гг.).

анализа определена зависимость прохождения фенологических фаз растений от суммы активных температур (рис. 2). По усредненным фенологическим датам установлено, что сильной корреляцией ($R=0,7-0,9$) с температурным фактором характеризуются фазы: Пб2, Ц2, Ц4, Ц5, Пн1. Для фаз: Пч1н, Пч1к, Пб2н, Пб2к, Пб1, О1, Л1, Л2, Л3; для Ц3, Пн2, Пн3н выявлена средняя зависимость ($R=0,5-0,7$) от теплообеспеченности. Слабая ($R=0,3-0,5$) и очень слабая ($R=0,1-0,3$) связь между сроками наступления и

прохождения этапов онтогенеза и температурой характерна для фаз: О₂, Л_{4н}, Л_{5н}, Л_{5к}, Пл_{3к}, Пл_{4н}, Ц₁, Пл_{4к}, Л_{4к}. Реакция аборигенных видов растений на температурный фактор в разные периоды развития была неоднозначной. Высокая корреляция ($R=0,7-0,9$) между показателями температуры воздуха и продолжительностью этапов развития выявлена в фазах: Пч_{1н} и Пч_{1к}, Л₁, Л₂ и Л₃, Пл₁ и Пл₂, средняя ($R=0,5-0,7$) - в фазах: Пч_{2н} и Пч_{2к}, О₁ и О₂, Ц₄ и Ц₅, слабая связь ($R=0,3-0,5$) отмечена в Пб₁ и Пб₂, Л_{5н} и Л_{5к}, Пл_{4н} и Пл_{4к}, Ц₁, Ц₂ и Ц₃, очень слабая ($R=0,1-0,3$) - Пл_{3н} и Пл_{3к}, Л_{4н} и Л_{4к}.

Сезонное развитие аборигенных древесно-кустарниковых растений в различных экологических условиях. Наблюдения проводились в 2009-2011 гг. в разных районах г. Тюмени (парки, скверы, улицы) с учетом антропогенной нагрузки и за пределами города (23 км Велижанского тракта) (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная оценка аборигенных видов древесно-кустарниковых растений по сезонному развитию в городе и окрестностях (2009-2011 гг.)

Виды растений		Пч _{1н}	Пч _{1к}	Пч _{2н}	Пч _{2к}	Л ₁	Л ₃	Л ₄	Л ₅	Ц ₄	Ц ₅	Пл ₃	Пл ₄
<i>M. baccata</i> L.	1	+2	+1	+1	+2	+3	+1	+4	-2	+1	+1	+2	-1
	2	-6	-4	-5	-4	-2	-4	-4	-1	-4	-3	-9	-3
<i>S. aucuparia</i> L.	1	0	+1	+2	+2	+1	+4	+4	+3	+1	+4	+2	+8
	2	-8	-4	-3	-2	-2	-4	-2	-4	-3	-2	-3	-9
<i>P. avium</i> Mill.	1	+2	+1	+1	+2	+3	+2	+1	+2	+2	+2	+2	+2
	2	-6	-5	-5	-7	-4	-7	-2	-4	-3	-9	-3	-6
<i>B. pendula</i> Ehrh.	1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+1	+1	+1	+2
	2	-3	-4	-4	-2	-5	-5	-3	-6	-7	-6	-12	-10
<i>T. cordata</i> (L.) Mill.	1	+1	0	+1	+2	-1	+1	+1	+2	+10	+7	0	-2
	2	+1	-1	-2	-2	-3	-1	-1	-7	-11	-9	-1	-1
<i>L. sibirica</i> Ldeb.	1	-1	+1	+2	+1	0	+2	+2	+7	-	-	-	-
	2	-3	-6	-4	-3	+2	-3	-5	-8	-	-	-	-

Примечание: 1 – город; 2 - контроль

	– ранние сроки прохождения фенофаз;
	– прохождение фенофаз без явных изменений;
	– поздние сроки прохождения фенофаз.

В условиях городской среды по средним данным пунктов наблюдения фенофазы наступали на 2 суток раньше по сравнению с контрольным участком. Периоды ускоренного развития (4-10 суток) на территории города различались в зависимости от видовой принадлежности растений: *M. baccata* - Л₄; *T. Cordata* - Ц₄ и Ц₅; *S. aucuparia* – Пл₄, Л₃, Л₄, Л₅; *P. avium* – Л₁. В контроле задержка всех фаз сезонного развития составляла 2-3 суток.

Поздние сроки развития (на 6-12 суток) характерны для следующих фаз: Пч_{1н} (*M. baccata*, *S. aucuparia*, *P. avium*), Пч_{1к} (*L. sibirica*), Пч_{2к} и Л₃ (*P. avium*), Л₅ (*B. pendula*, *T. cordata*, *L. sibirica*), Ц₄ (*T. cordata*, Ц₅ (*P. avium*, *B. pendula*, *T. cordata*, Пл₃ и Пл₄ (*S. aucuparia*, *B. pendula*). Более позднее прохождение фенофаз на контрольном участке связано с температурным фактором (на 2-3°С ниже по сравнению с городом), и менее выраженной антропогенной нагрузкой.

4.2 Фенологические наблюдения за интродуцентными видами древесно-кустарниковых растений. Сезонное развитие 6 интродуцентных видов древесно-кустарниковых растений, относящихся к 3 семействам: буковые (*Fagaceae* L.), кленовые (*Aceraceae* Juss.) и масличные (*Oleaceae* Link.), представлено на фенологических спектрах (рис. 3).

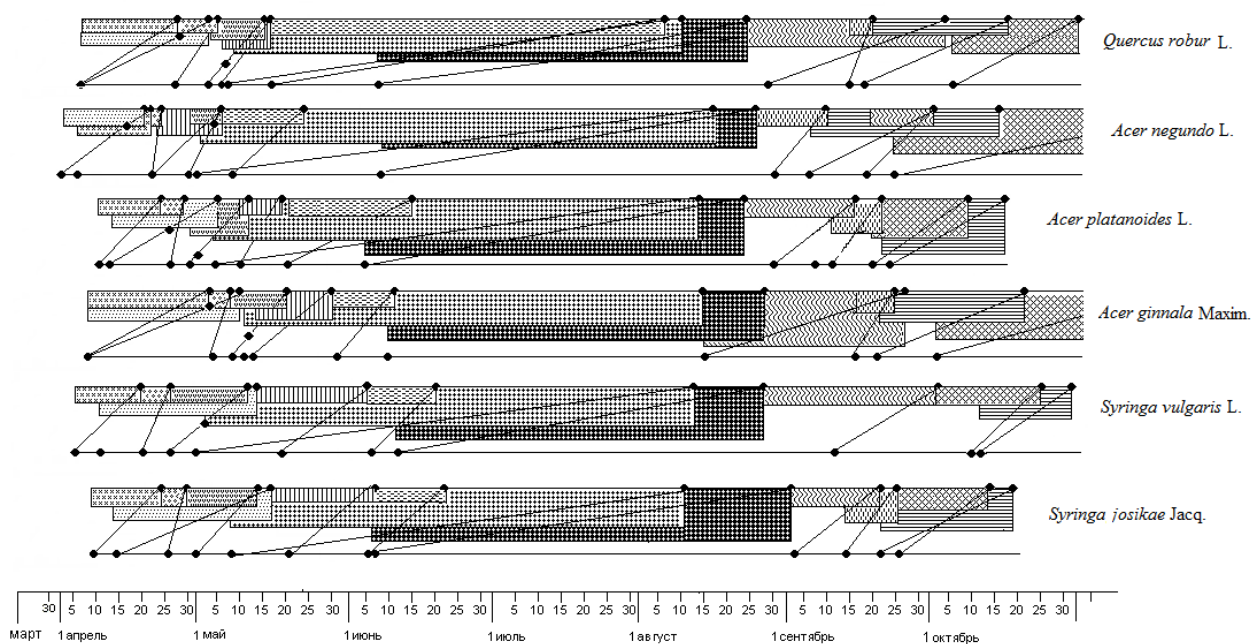


Рисунок 3 - Фенологические спектры интродуцентных видов растений (2006-2012 гг.).

Примечание:

- | | | |
|--|--|------------------------|
| 1 - Пч ₁ | 6 - Л ₄ | 11 - Пл ₃ |
| 2 - Пч ₂ | 7 - Л ₅ | 12 - Пл ₄ |
| 3 - Пб ₁ →Пб ₂ | 8 - Ц ₁ →Ц ₂ →Ц ₃ | 13 - Пч _{1/2} |
| 4 - О ₁ →О ₂ | 9 - Ц ₄ →Ц ₅ | 14 - Пч _{1/3} |
| 5 - Л ₁ →Л ₂ →Л ₃ | 10 - Пл ₁ →Пл ₂ | |

Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) на территории г. Тюмени встречается достаточно редко и составляет менее 1% от площади озеленения. По усредненным данным за 2006-2012 гг. вегетация начиналась на 39 сутки (8 апреля) при установлении температуры воздуха выше 6°C. В 2006 г. из-за затяжной весны деревья выходили из состояния покоя (фаза Пч₁) на 43-47 сутки (14-16 апреля). Распускание вегетативных почек начиналось в среднем на 65 сутки (4 мая) и продолжалось 8-18 суток, при сумме активных температур 182-214°C. В период 2-5 мая (сумма активных температур 209-261°C) начиналось развитие листовой пластинки, и на 77 сутки (16 мая) она достигала размеров взрослого листа. В течение 2-2,5 месяцев формировались и развивались плоды, при этом начало созревания наблюдали в конце III декады августа (21-25) – I декаде сентября (9-10). Начало осенних фаз (появление окрашенных листьев) наступало в среднем на 199 сутки (15 сентября). Опадение листьев завершалось в конце октября – начале ноября.

Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) широко распространен на центральных улицах, скверах и парках г. Тюмени. Вегетация начиналась с набухания вегетативных и генеративных почек на 33-37 сутки (2-6 апреля), при среднесуточной температуре воздуха 2-3°C. Развертывание почечных чешуй наступало при значительных колебаниях суммы активных температур (87-137°C).

В 2006 г. фенофаза отмечена только на 58-61 сутки (27-30 апреля), т.е. на 6-17 суток позже по сравнению с другими годами. Появление зеленого конуса на конце почки (Л₁) происходило 22-28 апреля. Набухание и развертывание генеративных почек по сравнению с вегетативными наступало на 2-5 суток раньше. Для клена характерно очень раннее цветение (22 апреля), продолжительностью 11-19 суток. В середине сентября отмечалось созревание плодов, сумма активных температур 1962-2473°C. Окончание вегетации завершалось полным пожелтением листьев в середине октября.

Клен остролистный (*Acer platanoides* L.) редко встречается в озеленении г. Тюмени, хотя среди лиственных пород является перспективным с точки зрения создания благоприятной санитарно-гигиенической среды. В годы исследования вегетация начиналась на 42 сутки (11 апреля), при среднесуточной температуре воздуха 4-7°C, продолжались весенние фазы 15-20 суток. Разница между началом и окончанием фенологических весенних фаз достигала 20 суток, что указывает на значительную реакцию вида на факторы окружающей среды. На 57 сутки (26 апреля) наблюдалось распускание вегетативных и генеративных почек, в начале III декады апреля начинались фазы Пч₂ и Ц₂. Начало, реже середина мая характеризовались одновременным распусканьем листьев и цветением. Для созревания плодов в сентябре необходимо 11-23 суток. Первые окрашенные листья на деревьях появлялись в I-II декаде сентября (на 196 сутки), полное пожелтение листьев приходилось на середину сентября, опадение продолжалось 30 суток до 10-21 октября, при среднесуточной температуре воздуха 3-8°C.

Клен приречный (*Acer ginnala* Maxim.). Сезонное развитие начиналось при установлении положительных температур воздуха выше 8-10°C (8 апреля). Фенофаза Пч₂ отмечалась в период с 28 апреля по 9 мая, продолжалась 2-7 суток. К середине мая наблюдалось начало развития листовой пластинки, которая на 82 сутки (21 мая) достигала размеров взрослого листа. В конце апреля – начале мая начиналось цветение и достигало максимума 8-15 мая, сумма активных температур в этот период варьировала по годам от 280°C до 416°C, окончание фазы – III декада мая – I декада июня. Развитие и созревание плодов протекало в течение 3-4 месяцев (начало – август, окончание – 11-23 сентября). Осенние фазы характеризовались окрашиванием (12-22 сентября) и опадением листьев (III декада октября, температура воздуха ниже 0°C).

Сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) составляет 3,6% от видового разнообразия древесно-кустарниковой флоры города. Вегетация растений, характеризующаяся набуханием вегетативных и генеративных почек, в среднем по годам наблюдений начиналась на 36-42 сутки (I декада апреля, сумма активных температур 22-55°C). Вегетативные почки распускались на 52 сутки, продолжительность фазы составляла 3-7 суток. Относительно быстрым (25 апреля - 4 мая) было развитие листовой пластинки. Выявлены различия в прохождении фазы цветения растений сирени в различные по проявлению метеорологических факторов годы. Ранние сроки (13-14 мая) отмечены в 2008, 2009 и 2012 гг.,

поздний срок (26 мая) – в 2006 г., в среднем за годы исследования – 19 мая (на 80 сутки). Завершение цветения наблюдалось 29 мая-17 июня (на 90-102 сутки). Созревание плодов начиналось с 5 по 19 сентября, окончание - I декада октября. У данного вида отсутствует окрашивание листьев, поэтому из осенних фаз фиксировалось только опадение листьев (27 сентября – 15 октября, температура воздуха 3-5⁰С). В 2006 г. (7 ноября) и 2008 г. (12 декабря), при повышении среднесуточной температуры до 5⁰С и 3⁰С соответственно, наблюдалось повторное набухание и разворачивание почечных чешуй.

Сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq.) в целом характеризовалась относительно ранним прохождением весенних фенологических фаз развития, но выявленные различия в годы наблюдений свидетельствуют о специфической реакции вида на условия среды. В 2006 г. зафиксированы поздние сроки весеннего развития (14-18 апреля), в 2007-2009 гг. набухание вегетативных почек отмечалось раньше (2-10 апреля). Средние даты распускания вегетативных почек и обособления первого листа отмечены с 27 апреля по 5 мая, (сумма активных температур 109-191⁰С). Размеры взрослого листа фиксировали на 75 сутки (14 мая). Начало набухания генеративных почек происходило на 6-12 суток позднее, чем вегетативных. Бутонизация отмечалась 12-25 мая, цветение продолжалось с 16 по 28 мая. Осеннее развитие начиналось 17-22 сентября и заканчивалось в III декаде октября.

Влияние температурного фактора на сезонное развитие интродуцентных видов древесно-кустарниковых растений. По результатам

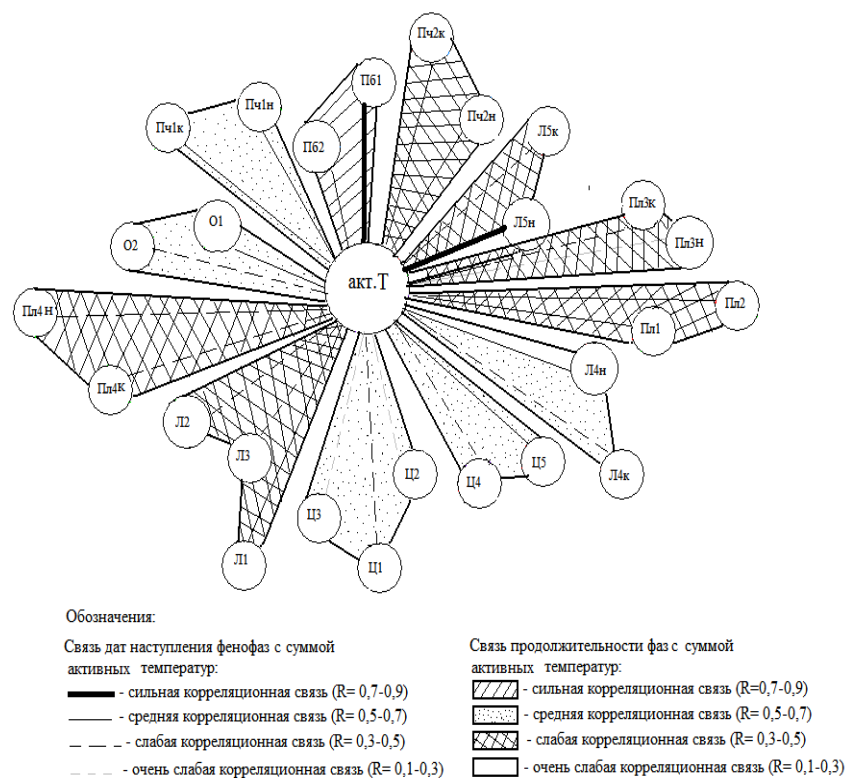


Рисунок 4 - Зависимость сроков наступления и продолжительности фенологических фаз интродуцентных видов от суммы активных температур (2006-2012 гг.).

корреляционного анализа выявлена зависимость сроков наступления и продолжительности фенологических фаз от температурного режима (рис. 3). В зависимости от величины коэффициента корреляции фенологические фазы развития растений по силе связи с суммой активных температур распределены на 4 группы: 1 – фенофазы с высокой корреляцией ($R=0,7-0,9$): Пб1, Л5н; 2 – со средней корреляцией ($R=0,5-0,7$): Пч2н, Пч1н, Пч1к, Пч2к, Пб2, О1, Л1, Л4н, Ц5, Пл1, Пл2; 3 – со слабой корреляцией ($R=0,3-0,5$): О2,

Л₂, Л₃, Л_{4к}, Ц₁, Ц₄, Пл_{3к}, Пл_{4н}, Пл_{4к}, Л_{5к}; 4 – с очень слабой корреляцией (R=0,1-0,3): Ц₂, Ц₃, Пл_{3н}. Выявлено, что продолжительность фаз также зависит от температурного фактора. Сильная связь (R=0,7-0,9) выявлена в фазах Пб₁ и Пб₂, средняя (R=0,5-0,7) – в фазах Пч_{1н} и Пч_{1к}, О₁ и О₂, Л_{4н} и Л_{4к}, Ц₁, Ц₂ и Ц₃, Ц₄ и Ц₅. Слабая связь (R=0,3-0,5) установлена для фаз: Пч_{2н} и Пч_{2к}, Л₁ Л₂ и Л₃, Л_{5н} и Л_{5к}, Пл₁ и Пл₂, Пл_{3н} и Пл_{3к}, Пл_{4н} и Пл_{4к}.

Сезонное развитие интродуцентных древесно-кустарниковых растений в различных экологических условиях. В течение трех лет (2009-2011), аналогично аборигенным видам, проводилось изучение сезонного развития интродуцентных древесно-кустарниковых растений в различных районах г. Тюмени и на 23 км Велижанского тракта. На контрольном участке отсутствовали *A. platanoides*, *A. ginnala*, сравнительный анализ сезонного развития данных видов проводился в городской среде (в 4-х точках).

Установлено, что в городе у интродуцентных видов большинство фенофаз наступало на 2-3 суток раньше, чем на контрольном участке.

В городской среде замедление развития растений на 1-2 суток отмечено в фазах Л₁, Л₅, Пл₄ у трех видов: *Q. robur*, *S. vulgaris*, *S. josikaea*. На контрольном участке ранним развитием (Л₁, Л₄, Пл₄, на 2-6 суток) характеризовались два вида: *Q. robur*, *S. vulgaris*. Самые ранние сроки наступления фенофаз (на 3-4 суток) в городе отмечены в фазах Пч_{1н} и Пл₄ (*Q. robur*); Пч_{2н} и Пч_{2к} (*S. vulgaris*, *S. josikaea*); Л₁, Л₄ и Л₅ (*A. negundo*) (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительная оценка интродуцентных видов древесно-кустарниковых растений по сезонному развитию в городе и окрестностях (2009-2011 гг.).

Виды		Пч _{1н}	Пч _{1к}	Пч _{2н}	Пч _{2к}	Л ₁	Л ₃	Л ₄	Л ₅	Ц ₄	Ц ₅	Пл ₃	Пл ₄
<i>Q. robur</i> L.	1	+3	+1	+2	+1	-2	0	0	+2	+1	+1	+1	+3
	2	-3	-4	-3	-2	+2	-2	+1	0	-2	-2	-3	+2
<i>A. negundo</i> L.	1	+1	+1	+1	0	+3	+2	+3	+3	+2	+2	+1	+2
	2	-3	-4	-3	-3	-7	-4	-6	-7	-5	-3	-2	-4
<i>S. vulgaris</i> L.	1	+1	+2	+3	+2	0	0	+1	0	+1	+1	0	-2
	2	-3	-5	-4	-3	-4	-1	0	0	-1	-2	-1	+6
<i>S. josikaea</i> Jacq.	1	+1	+3	+4	+3	+1	+2	+1	-1	+1	0	+1	0
	2	-4	-5	-3	-3	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-2	-3

Примечание: 1 – город; 2 - контроль

	– ранние сроки прохождения фенофаз;
	– прохождение фенофаз без особых изменений;
	– поздние сроки прохождения фенофаз.

Прохождение всех фенологических фаз *A. platanoides* и *A. ginnala* на исследуемых участках г. Тюмени отличалось незначительно, в среднем на 2-4 суток. В центральной части города (ост. Филармония, Цветной бульвар) ускорялось весеннее развитие растений (Пч_{1н}, Пч₂, Л₁), но в дальнейшем сезонный ритм замедлялся (на 2-3 суток).

4.3 Сравнительный анализ фенологических фаз развития аборигенных и интродуцентных видов древесно-кустарниковых растений. На основании

многолетних мониторинговых наблюдений (2006-2012 гг.) выявлены особенности прохождения фенологических фаз у аборигенных и интродуцентных видов древесно-кустарниковых растений на территории г. Тюмени. Весенняя вегетация 5 аборигенных видов (*B. pendula*, *M. baccata*, *S. aucuparia*, *P. avium*, *L. sibirica*) в годы с ранней, теплой весной (2007-2011 гг.), начиналась на 25-39 сутки, у *T. cordata* только на 43-58 сутки. Среди интродуцентных видов ранним развитием характеризовались *A. negundo* и *S. vulgaris* (29-39 сутки); у *Q. robur*, *A. platanoides*, *A. ginnala*, *S. josikaea* период вегетации начинался в середине апреля. Набухание почек у интродуцентных видов происходило при среднесуточной температуре воздуха 4-8⁰С, у местных видов – при 1-3⁰С.

Фаза разворачивания почек у местных видов наступала при установлении температуры выше 5-8⁰С (II декада апреля), у инорайонных видов фаза отмечена спустя 1-2 недели (конец апреля - начало мая). Первый свободный лист (Л2) у местных видов появляется на 60-70 сутки, у инорайонных – на 54-74 сутки, различия по срокам фазы Л3 были незначительны (2-4 суток).

Выявлено влияние метеорологических факторов на календарные сроки начала цветения, но последовательность зацветания была постоянной. Раннее цветение зафиксировано у *A. negundo* (51-61 сутки) и *B. pendula* (51-66 сутки), затем у *Q. robur* и *A. platanoides* (60-70 сутки), через некоторое время в фазу цветения вступали *P. avium* (74-79 сутки), *M. baccata* и *S. aucuparia* (80-90 сутки). *S. vulgaris* (74-84 сутки). Поздними сроками цветения характеризовались *T. cordata*, *S. josikaea* и *A. ginnala* (75-91 сутки).

Один из главных показателей успешной акклиматизации растений – фаза завязывания плодов. Созревание плодов и семян у представителей местной флоры наблюдалось в конце августа – середине сентября (171-211 сутки), у интродуцентов – в середине-конце сентября (200-215 сутки) (рис. 5). У большинства видов период видимого роста составлял от 30 до 41 суток. Самый высокий прирост приходился на июнь-июль, когда среднесуточная температура выше 16 °С. Установлено что к концу вегетации (Л4, Л5, Пл4) различия в сроках

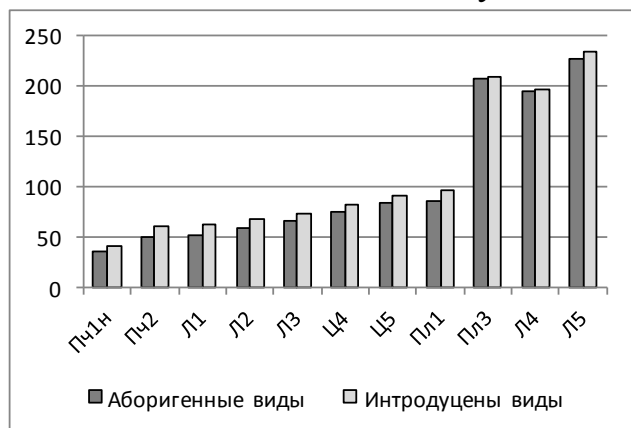


Рисунок 5 – Средние значения фенофаз аборигенных и интродуцентных древесно-кустарниковых растений.

выражены, что связано со сходством требований на этих этапах онтогенеза интродуцентных и аборигенных видов к тепловому обеспечению.

Интродуцентные виды характеризовались более длительным периодом вегетации (174-233 суток), по сравнению с местными видами (166-227 суток), средние значения за 2006-2012 гг. составили 195 и 202 суток соответственно, изменчивость признака слабая (CV=5,1-9,3%).

5. Эколого-биологическое моделирование программного комплекса фенологического мониторинга древесно-кустарниковых растений

Многолетние данные фенологических наблюдений можно использовать как критерий оценки климатических и антропогенных изменений в окружающей среде. В настоящее время целесообразна разработка программного комплекса фенологического мониторинга, основной задачей которого, является сбор, систематизация и обобщение первичных данных. Программный комплекс состоит из баз данных (БД), взаимосвязанных между собой.

БД «Каталог растений» обеспечивает оптимальный подбор растений с учетом условий произрастания, включает описание систематических категорий (семейство, название вида), морфологических признаков и биологических свойств, фенологию, фото.

БД «Состояние окружающей среды» содержит подробную информацию о состоянии окружающей среды, поступающую от датчиков по температуре, влажности воздуха, освещенности, концентрации CO₂ и NO₂. Завершающая часть программного комплекса – картографический слой с отрисовкой для программы Дубль-Гис, с нанесением зеленых насаждений.

Система фенологического мониторинга позволяет оценить антропогенную составляющую в изменении сезонной ритмики; снизить вероятность неправильного подбора растений; спрогнозировать влияние среды на растения; своевременно принять меры по оздоровлению городских посадок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный фенологический мониторинг на территории г. Тюмени показал, что оценить влияние температурного фактора можно, прежде всего, по реакции древесно-кустарниковой растительности. В настоящее время нами накоплены многолетние данные (2006-2012 гг.), при анализе которых выявлены разнонаправленные тенденции смещения сроков начала и окончания фенологических событий в популяциях древесно-кустарниковых растений. Отмечены нарушения феноритмов роста и развития растений, а также ускорение процессов старения растительных организмов и изменчивости морфологических признаков.

ВЫВОДЫ

1. На основании многолетней (2006-2012 гг.) комплексной оценки 12 видов аборигенных и интродуцентных древесно-кустарниковых растений, выявлены особенности их сезонного развития на территории г. Тюмени. По датам наступления и окончания фенологических фаз, изученные виды растений разделены на 3 группы: с ранними сроками – *M. baccata*, *S. aucuparia*, *P. avium*, *A. negundo*, *S. vulgaris*; средними – *B. pendula*, *L. sibirica*, *S. josikaea*, *A. platanoides* L. и поздними сроками – *Tilia cordata*, *A. ginnala*, *Q. robur*.

2. Продолжительность вегетационного периода и сроки наступления отдельных фенофаз изученных древесно-кустарниковых растений определяются их биологическими особенностями и метеорологическими факторами.

Интродуцентные виды отличаются более поздними сроками весенних фаз развития (на 3-8 суток), имеют более длительный период вегетации (174-233 суток), по сравнению с местными видами (166-227 суток).

3. Сезонное развитие древесно-кустарниковых растений находится в зависимости от суммы активных температур воздуха в течение вегетационного периода. Температурный порог фенологических фаз достоверно отражает зависимость биологического ритма изученных видов от хода температурного режима и может применяться как сравнительный критерий при адаптации растений.

4. Интродуцентные виды с поздними сроками прохождения весенних фаз развития (*A. ginnala*, *Q. robur*, *S. josikaea*) завершают осенние фазы до наступления отрицательных температур воздуха только в годы с благоприятным температурным режимом (2007, 2008, 2012).

5. Фенологическая реакция древесно-кустарниковых растений на стрессовые воздействия городской среды проявляется в более раннем прохождении фенологических фаз развития (на 3-6 суток), по сравнению с растениями, произрастающими за пределами города.

6. Продолжительное воздействие антропогенных факторов на некоторые виды растений (*T. cordata*, *M. baccata*, *A. platanoides*) приводит к задержке и отсутствию наиболее важных фаз сезонного развития: Лз, Ц4, Ц5, Пл1.

7. Произрастающие на городской территории древесно-кустарниковые виды местной и интродуцентной флоры обладают различной экологической пластичностью. Виды с высокими адаптивными свойствами (*S. aucuparia*, *P. avium*, *B. pendula*, *A. negundo*, *S. vulgaris*, *A. ginnala*, *S. josikaea*) могут широко использоваться в зеленом строительстве. Виды, менее приспособленные к условиям городской среды (*L. sibirica*, *A. platanoides*, *Tilia cordata*, *Q. robur*), рекомендуются для озеленения придомовых территорий, скверов и парков.

8. Разработанный программный комплекс по сбору информационных данных может быть использован для организации и проведения мониторинга в городской среде, с целью оценки метеорологической и антропогенной составляющей в изменении сезонного развития растений и принятия решения по управлению процессами и явлениями.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работы, опубликованные в издании, рекомендованном ВАК РФ

1. **Видякина (Герасимова) А.А.** Древесные растения в озеленении города Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Аграрная Россия. – 2009. – Спец. выпуск. – С. 54-55.

2. **Видякина (Герасимова) А.А.** Древесно-кустарниковая флора автомобильных дорог г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова, Н.А. Боме //

3. **Видякина (Герасимова) А.А.** *Tilia cordata* (L.) Mill. в озеленение г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №6. ISSN 2070-7428 URL: www.science-education.ru/113-11431

Патент и свидетельства о государственной регистрации программы ЭВМ

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «GeomotionGEC» (программный комплекс фенологического экомониторинга): № 2014661223 Рос. Федерация: патентообладатель **Герасимова А.А.**; авторы Герасимова А.А., Семенова М.В., Боме Н.А., Медведева Т.М., Герасимова А.Г. – заявка № 2014615973; д.пост. 17.06.2014; опубли. 27.10.2014.

Работы, опубликованные в сборниках трудов научных конференций

5. **Видякина (Герасимова) А.А.** Фенологические наблюдения за местными и интродуцентными видами древесных пород г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Урбоэкосистемы проблемы и перспективы развития: Мат. III междунар. науч.-практ. конф. – Ишим, 2008. – С. 77-81.

6. **Видякина (Герасимова) А.А.** Сезонное развитие Сирени венгерской в озеленении г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень, 2008. – № 9. – С. 142-145.

7. **Видякина (Герасимова) А.А.** Сравнительный анализ прохождения фенологических фаз аборигенных и интродуцентных древесных пород города Тюмени / А.А. Видякина // Симбиоз России 2009: Мат. II Всеросс. с междунар. участием конгресса студентов и аспирантов-биологов. – Пермь, 2009. – С. 97-99.

8. **Видякина (Герасимова) А.А.** Сезонное развитие аборигенных и интродуцентных видов древесных растений г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень, 2009. – № 10. – С. 95-100.

9. **Видякина (Герасимова) А.А.** Сезонные ритмы развития родов *Асер* L. при интродукции в г. Тюмени / А.А. Видякина // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использование биологических ресурсов: Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2009. – Ч. 2. – С. 33-35.

10. **Видякина (Герасимова) А.А.** Особенности прохождения фенологических фаз интродуцентных древесных растений в г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Первые международные Беккеровские чтения: Сб. науч. тр. и мат. конф. – Волгоград, 2010. – Ч. 1. – С. 38-39.

11. **Видякина (Герасимова) А.А.** Жизненное состояние аборигенных древесных растений в озеленении г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Антропогенная трансформация природной среды: Мат. междунар. конф. – Пермь, 2010. – Т. III. – С. 57-58.

12. Семенова М.В. Современное состояние древесно-кустарниковой флоры скверов г. Тюмени / М.В. Семенова, **А.А. Видякина**, Е.А. Бочурина // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень, 2010. – № 11. – С. 80-84.

13. **Видякина (Герасимова) А.А.** Влияние загрязнение воздуха на состояние древесных растений г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень, 2011. – № 12 – С. 49-53.

14. **Видякина (Герасимова) А.А.** Использование ГИС-технологий при проведении фенологического экомониторинга на территории г. Тюмени / А.А. Видякина // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тез. докл. III Междунар. конф. – Тюмень, 2012. – С. 45-47.

15. **Видякина (Герасимова) А.А.** Температурный порог фенофаз – количественный критерий динамики сезонного развития древесных растений г. Тюмени / А.А. Видякина, М.В. Семенова // Человек и север антропология, археология, экология: Мат. II всеросс. конф. – Тюмень, 2012. – С. 376-378.

16. **Герасимова А.А.** Базы данных программного комплекса фенологического экомониторинга зеленых насаждений города / А.А. Герасимова, Н.А. Боме, М.В. Семенова // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тез. докладов IV Междунар. конф. – Тюмень, 2014. – С. 76-78.

17. **Герасимова А.А.** Фенологический экомониторинг яблони сибирской (*Malus baccata* L.) в озеленении г. Тюмени / А.А. Герасимова, Н.А. Боме, М.В. Семенова // Человек и север антропология, археология, экология: Мат. всеросс. конф. – Тюмень, 2015. – С. 312-315.

18. **Герасимова А.А.** Фенологический мониторинг древесно-кустарниковой растительности г. Тюмени // Экологический мониторинг и биоразнообразие: Мат. междунар конф. – Ишим, 2015. – №3(10). – С. 10-13.