

УДК 631.52

## АНАЛИЗ БИОРЕСУРСНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ РИТМАМ И ФЕНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ

**Семенютина А.В., Хужахметова А.Ш., Долгих А.А., Семенютина В.А., Цой М.В.**

*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград, e-mail: vnialmi@yandex.ru*

Эффективность мобилизации древесных растений определяется методом фенологических наблюдений, который позволяет получить массив данных об особенностях роста, сезонной периодичности и соответствии развития вегетативных и генеративных органов растений местным климатическим условиям. Биоресурсные коллекции Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (кад. № – 34:34:000000:122, 34:34:060061:10) и его филиалов (Нижневолжская станция по селекции древесных пород; кад. № 34:36:000014:178, Западно-Сибирская АГЛОС; кад. № 22:23:010003:0014) являлись объектом исследований для прогноза их перспективности введения в культуру. Установлено увеличение дефицита осадков в период вегетации (при их годовой сумме в 262–417 мм) и показателей среднемесячных температур воздуха. Указанные условия оказали влияние на продолжительность прохождения фенологических фаз у 47 таксонов деревьев и кустарников различных ботанических семейств и географического происхождения (Северная Америка, Европа, Кавказ, Крым, Дальний Восток, Средняя Азия, Япония, Китай, Корея). Выявлено, что фаза наступления массового листопада проходит позже более чем на 20 дней (*Larix sibirica*, *Ulmus pumila*, *Quercus borealis*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos*, *Fraxinus excelsior*). У некоторых видов – *Celtis occidentalis*, *Acer negundo*, *Juglans nigra*, *Amelanchier ovalis* отклонение в продолжительности вегетационного периода составило в среднем 13–15 дней, увеличиваясь продолжительность роста побегов у *Celtis occidentalis* на 37 дней, у *Amelanchier ovalis* – 29, *Tilia platyphyllos* – 22. Приведен разногодично-временной график наступления фенофаз и их частотная характеристика с учетом солнечных (12,5–16,5 часов) и тепловых ресурсов (5–24 °C) соответствующих декад апреля-октября (Волгоградская область). У 90% древесных видов наступление фазы распускания листовых почек обеспечивается при солнечном сиянии более 13,5 ч и среднесуточной температуре воздуха от 5 до 15 °C. Интегрированным количественным методом установлено соответствие биоритмов развития растений по продолжительности вегетационного периода с учетом их отставания или опережения относительно общей нормы, характерной для региона.

**Ключевые слова:** биоресурсные коллекции, фенологические наблюдения, биоритмы, фенофазы, интродукция, засушливые условия

## ANALYSIS OF BIORESOURCE COLLECTIONS BY CLIMATIC RHYTHMS AND PHENOLOGICAL PROCESSES

**Semenyutina A.V., Huzhahmetova A.Sh., Dolgih A.A., Semenyutina V.A., Tsoy M.V.**

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd, e-mail: vnialmi@yandex.ru*

The efficiency of mobilization of woody plants is determined by the method of phenological observations, which makes it possible to obtain an array of data on the characteristics of growth, seasonal frequency and the correspondence of the development of vegetative and generative organs of plants to local climatic conditions. Bioresource collections of the Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (№ 34: 34: 000000: 122, 34: 34: 060061: 10) and its branches (Lower Volga Station for the selection of tree species; № 34: 36: 000014: 178, West Siberian AGLOS; № 22: 23: 010003: 0014) were the object of research to predict their prospects for introduction into culture. An increase in precipitation deficit during the growing season (with an annual amount of 262–417 mm) and indicators of average monthly air temperatures was established. These conditions influenced the duration of the passage of phenological phases in 47 taxa of trees and shrubs of various botanical families and geographic origin (North America, Europe, the Caucasus, Crimea, the Far East, Central Asia, Japan, China, Korea). It was revealed that the phase of the onset of massive leaf fall occurs more than 20 days later (*Larix sibirica*, *Ulmus pumila*, *Quercus borealis*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos*, *Fraxinus excelsior*). In some species – *Celtis occidentalis*, *Acer negundo*, *Juglans nigra*, *Amelanchier ovalis*, the deviation in the duration of the growing season averaged 13–15 days; the duration of shoot growth in *Celtis occidentalis* increased by 37 days, in *Amelanchier ovalis* – 29, *Tilia platyphyllos* – 22. A different-year-time schedule of the onset of phenophases and their frequency characteristics are given, taking into account solar (12,5–16,5 hours) and heat resources (5–24 °C) of the corresponding ten days of April–October (Kamyshin, Volgograd region). In 90% of tree species, the onset of the budding phase is ensured with sunshine for more than 13,5 hours and an average daily air temperature of 5 to 15 °C. The integrated quantitative method established the correspondence of the biorhythms of plant development in terms of the duration of the growing season, taking into account their lag or lead in relation to the general norm characteristic of the region.

**Keywords:** биоресурсные коллекции, фенологические наблюдения, биоритмы, фенофазы, интродукция, засушливые условия

При создании биоресурсных коллекций ФНЦ агроэкологии РАН важным является отбор древесных видов по хозяйственно ценным признакам. Особое место в ассортименте должны занимать комплексно устойчивые

к неблагоприятным метеорологическим явлениям деревья и кустарники. Неперспективными являются растения, у которых под воздействием деструктивных факторов имеются значительные потери по хозяйственно

ценным признакам. Многолетние мониторинговые исследования позволили получить значительный массив данных об особенностях роста, сезонной периодичности [1, с. 1416; 2, с. 109]. Ряд авторов [3; 4, с. 167; 5, с. 1361] указывают на взаимосвязь фенологических ритмов сезонного развития растений с суммой эффективных температур и дефицитом влаги, особенно это выражено в умеренных и северных широтах. Многие авторы указывают, что биоритмы позволяют видам приспособиться к той или иной среде через комплекс механизмов и приспособлений [6, с. 54; 7, с. 21].

Успешность мобилизации древесных растений определяется методом фенологических наблюдений, который позволяет выявить соответствие развития вегетативных и генеративных органов растений местным климатическим условиям.

Цель исследований: провести анализ биоресурсных коллекций ФНЦ агроэкологии РАН по климатическим ритмам и фенологическим процессам.

#### Материалы и методы исследования

В дендрологических насаждениях ФНЦ агроэкологии РАН (кад. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10) и его филиалов (Нижневолжская станция по селекции древесных пород; кад. № 34:36:000014:178, Западно-Сибирская АГЛОС; кад. № 22:23:010003:0014) имеется генофонд деревьев и кустарников различных ботанических семейств и географического происхождения, который является объектом исследований для разработки мероприятий по их мобилизации и сохранению с целью оптимизации лесомелиоративных комплексов в природно-климатических зонах малолесных регионов (рис. 1).

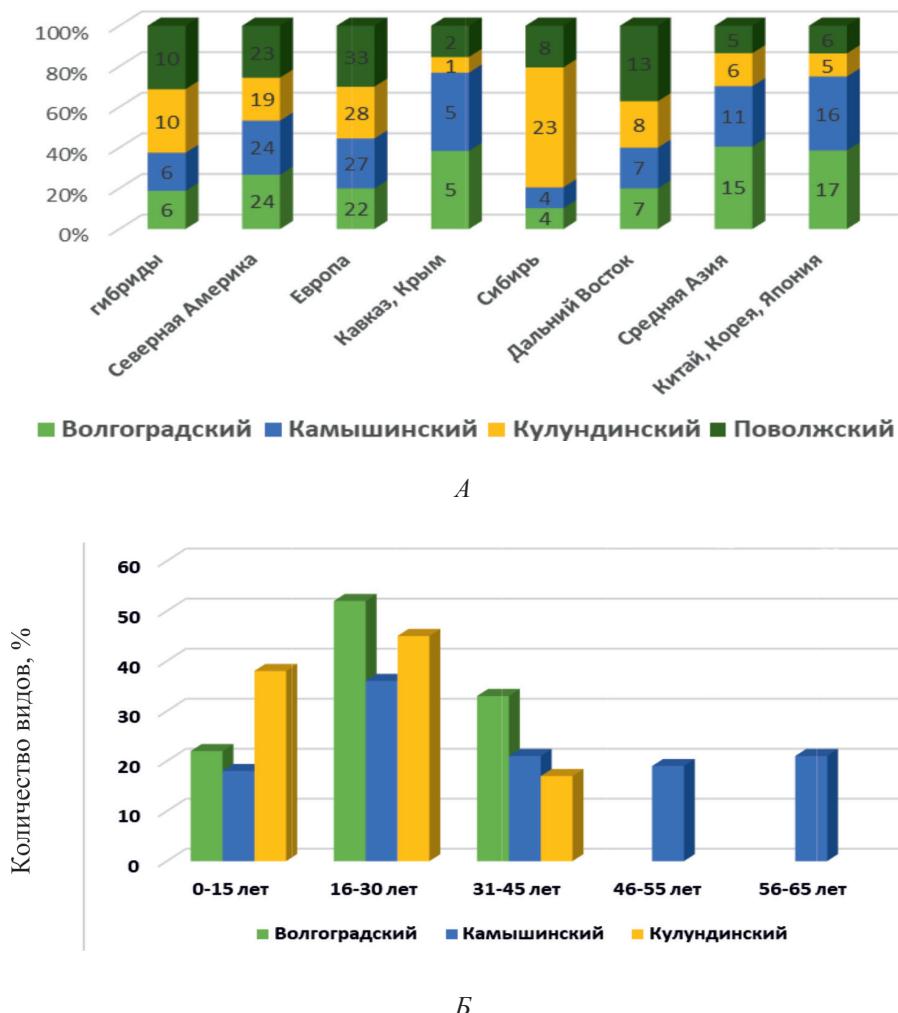


Рис. 1. Представленность биоресурсных коллекций ФНЦ агроэкологии РАН по происхождению (А) и возрастным категориям (Б)

Методом фенологических наблюдений проведен сбор массива многолетних показателей по фенологической программе. Для отбора образцов с продолжительным и глубоким уровнем покоя и поздними сроками распускания почек, синхронным цветением мужских и женских почек наблюдался за цветением проводили ежедневно. Степень несоответствия биоритмов интродуцентов (стенобионты, эврибионты) климату нового местообитания проводят по ранжированию фенологических дат по распределению плотности вероятностей [8, с. 88; 9, с. 12].

Для описания и сравнительной оценки природно-климатических условий пунктов интродукции и естественных ареалов распределений использованы данные автономных метеостанций ФНЦ агроклиматологии РАН, агроклиматических справочников, а также интернет-ресурсы [10; 11].

### Результаты исследования и их обсуждение

Для прогноза перспективности введения в культуру проанализированы основные метеопоказатели местопроизрастания

биоресурсных коллекций (Волгоградская обл., рис. 2).

Выявление разногодично-временных фенологических закономерностей основано на определении изменчивости наступления сеяни фенофаз (рис. 3). Установлены фенологические закономерности биоритмов развития 47 древесных видов за 60-летний период (1960–2019 гг.).

Показатель позволяет сравнивать сроки наступления фенофаз и интервалы между ними. Достоверно установлено увеличение периода вегетации у всех изученных видов. Фаза наступления массового листопада проходит позже более чем на 20 дней – 2-я, 3-я декада октября (*Larix sibirica*, *Ulmus pumila*, *Quercus borealis*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos*, *Fraxinus excelsior*).

Для целей прогноза мобилизации и введения в культуру дана характеристика по наступлению фенофаз у древесных видов, указаны солнечные и тепловые ресурсы соответствующей декады (таблица). У 90 % древесных видов наступление фазы РЛП обеспечивается при солнечном сиянии более 13,5 ч и среднесуточной температуре воздуха от 5 до 15 °C.

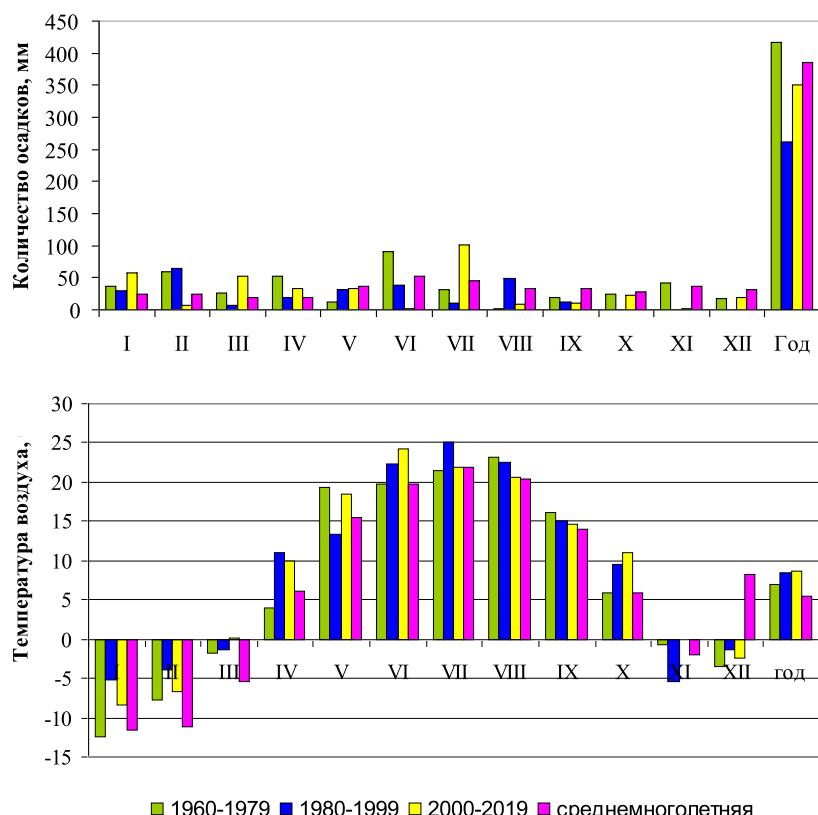


Рис. 2. Сравнительная оценка периодов исследования по основным показателям

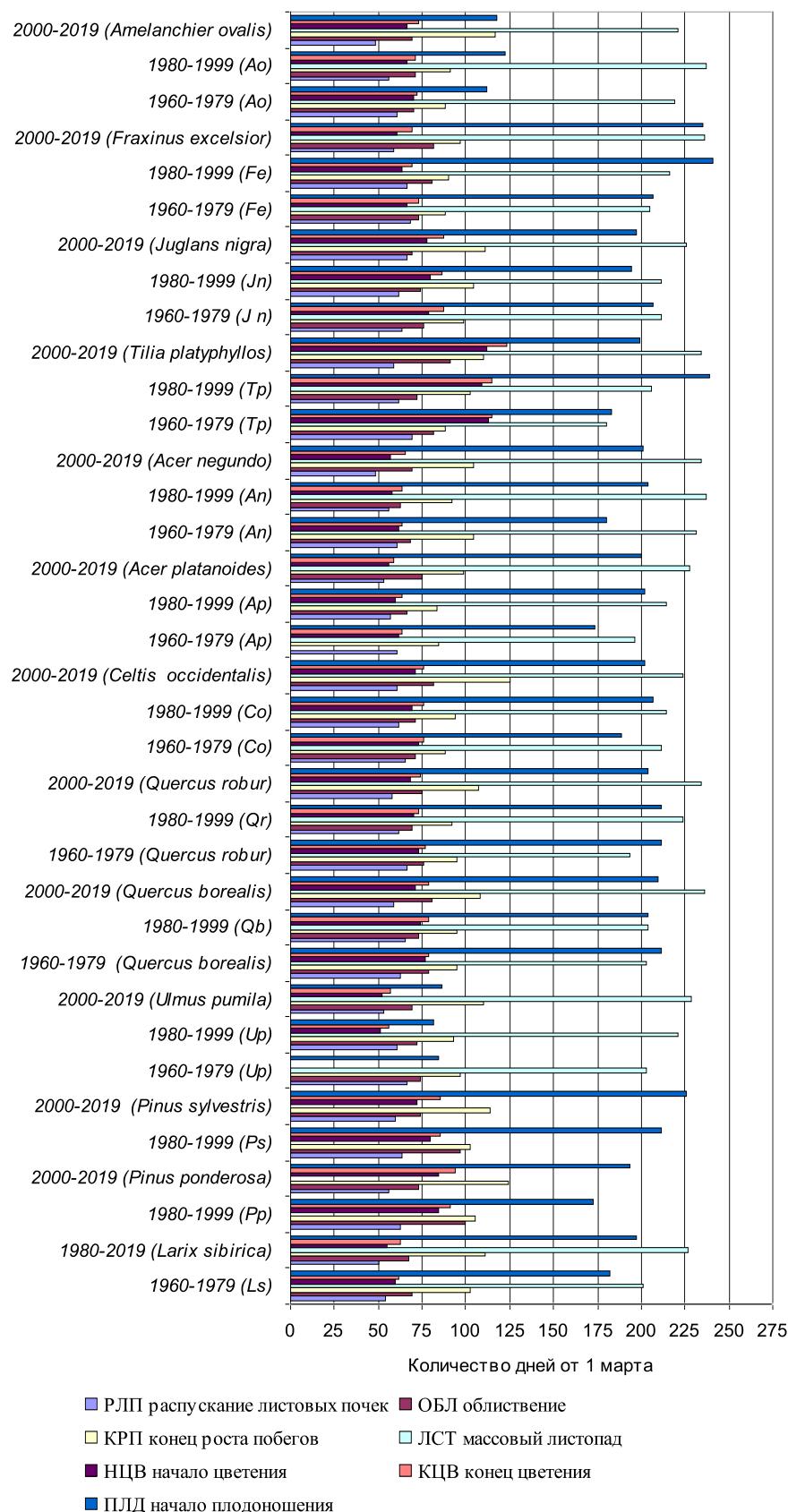


Рис. 3. Среднемноголетние показатели фенологических наблюдений (кад. № 34:36:000014:178)

## Распределение видов по наступлению фенофаз

Месяц (декада)	*	**	Фенофазы						
			РЛП	НЦВ	КЦВ	ОБЛ	КРП	ПЛД	ЛСТ
			Количество видов, шт. (%)						
IV(2)	13,5	5...10	4(8,5)	1(2,1)					
IV(3)	14,5	10...15	23(49,0)	8(17,1)	4(8,5)				
V(1)			19(40,4)	17(36,2)	11(23,4)	16(34,0)			
V(2)	15,5	15...18	1(2,1)	11(23,4)	8(17,1)	25(53,2)	1(2,1)		
V(3)	16	18...21		5(10,6)	14(29,8)	6(12,8)	3(6,4)	4(8,5)	
VI(1)				3(6,4)	3(6,4)		14(29,8)		
VI(2)				1(2,1)	4(8,5)		20(42,5)		
VI(3)	16,5	21...24		1(2,1)	2(4,2)		8(17,1)	3(6,4)	
VII(1)					1(2,1)		1(2,1)	1(2,1)	
VII(2)	16	24...21						2(4,2)	
VII(3)								1(2,1)	
VIII(1)								2(4,2)	
VIII(2)								3(6,4)	
VIII(3)	14,5	21...18						8(17,1)	
IX(1)	13,5	18...15						8(17,1)	
IX(2)	12,5	15...10						4(8,5)	1(2,1)
IX(3)								6(12,8)	5(10,6)
X(1)	11,5	10...8						4(8,5)	10(21,3)
X(2)	11	8...5						1(2,1)	15(31,9)
X(3)	10	5...0							10(21,3)

При мечан и е . \*Интенсивность солнечной радиации в сутки, ч.

\*\*Среднедекадная температура воздуха, Т, °C.

У некоторых видов – *Celtis occidentalis*, *Acer negundo*, *Juglans nigra*, *Amelanchier ovalis* – отклонение в продолжительности вегетационного периода составило в среднем 13–15 дней, увеличилась продолжительность роста побегов у *Celtis occidentalis* на 37 дней, у *Amelanchier ovalis* – 29, *Tilia platyphyllos* – 22. Показатели длительности ростовых реакций свидетельствуют об их адаптационных возможностях в засушливых условиях (рис. 4).

Установлены соответствия фенологических ритмов развития представителей родовых комплексов по продолжительности вегетационного периода с учетом их отставания или опережения относительно общей нормы, характерной для региона. Расчеты фенологической атипичности видов показали, что сроки развития находятся в нижней половине области нормы (от +1 до 0) по реализации фенологических фаз.

### Заключение

Многолетние мониторинговые исследования позволили получить значительный массив данных об особенностях роста, се-

зонной периодичности в развитии при пространственном нахождении участков с экспериментальными посадками (г. Волгоград, г. Камышин) при неоднородности факторов обитания.

За 60-летний период (1960–2019 гг.) зафиксированы благоприятные по погодным условиям годы, с незначительной изменчивостью дат наступления внутри и между фазами. Фаза наступления массового листопада проходит позже более чем на 20 дней – 2-я, 3-я декада октября (*Larix sibirica*, *Ulmus pumila*, *Quercus borealis*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos*, *Fraxinus excelsior*). У некоторых видов – *Celtis occidentalis*, *Acer negundo*, *Juglans nigra*, *Amelanchier ovalis* – отклонение в продолжительности вегетационного периода составило в среднем 13–15 дней, увеличилась продолжительность роста побегов у *Celtis occidentalis* на 37 дней, у *Amelanchier ovalis* – 29, *Tilia platyphyllos* – 22. У 90% древесных видов наступление фазы распускания листовых почек обеспечивается при солнечном сиянии более 13,5 ч и среднесуточной температуре воздуха от 5 до 15 °C.

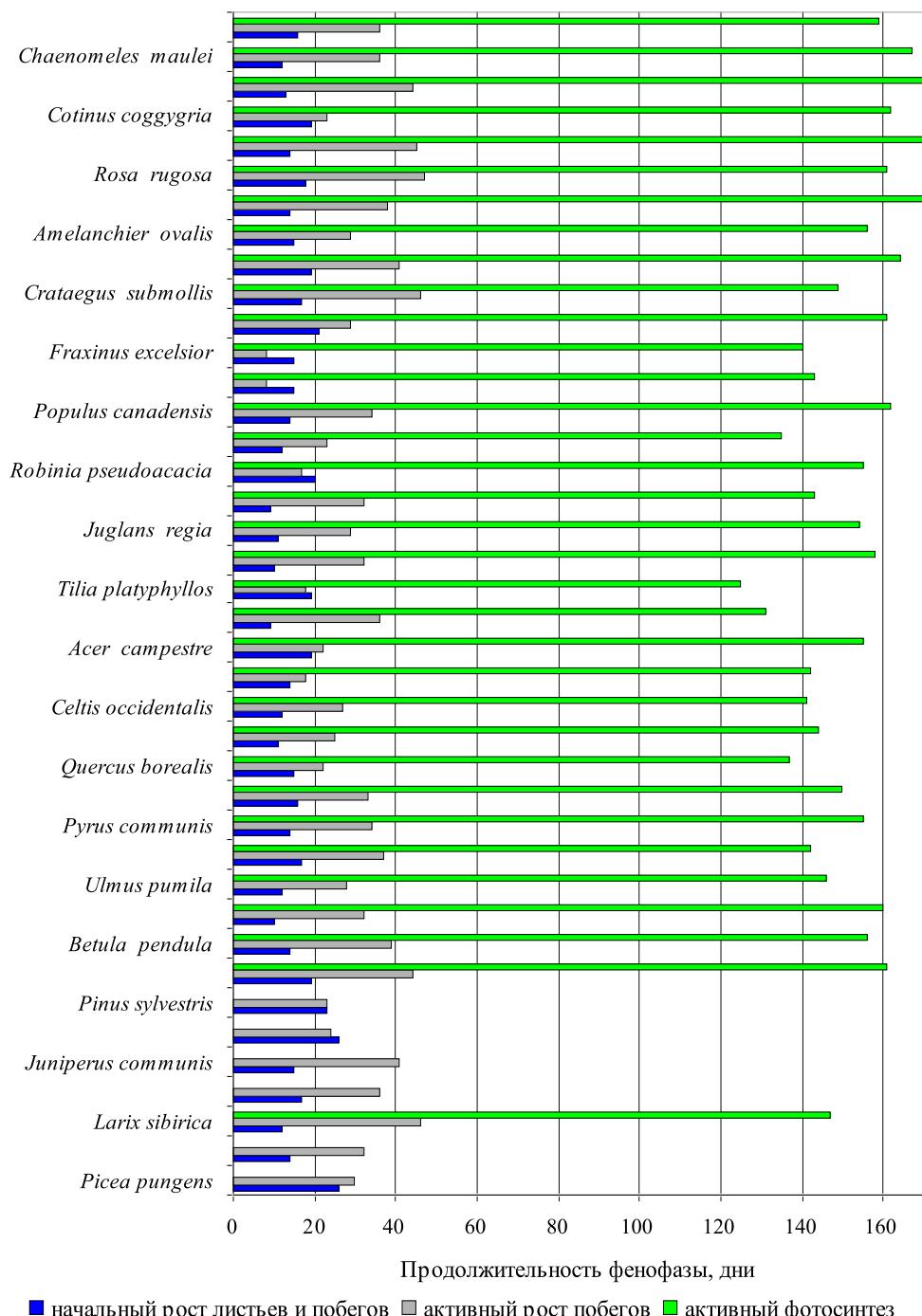


Рис. 4. Характеристика ростовых процессов древесных видов в условиях каштановых почв

Установлено соответствие биоритмов развития растений по продолжительности вегетационного периода с учетом их отставания или опережения относительно общей нормы, характерной для региона, что согласуется с видовой принадлежностью и географическим происхождением растений

(Северная Америка, Европа, Кавказ, Крым, Дальний Восток, Средняя Азия, Япония, Китай, Корея).

Исследования выполнены по теме Государственного задания № 0713-2020-0004 Российской академии наук (ФНЦ агробиологии РАН).

**Список литературы / References**

1. Semenyutina A.V., Podkovyrova G.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Sintsov I.P., Semenyutina V.A., Podkovyrov I.Yu. Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. International journal of mechanical engineering and technology. 2018. Vol. 9 (10). P. 1415–1422.
2. Хужахметова А.Ш., Таран С.С. Оптимизация лесомелиоративных насаждений засушливого региона видами родовых комплексов *Corylus* и *Juglans* // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). С. 106–111. (in Russian).
3. Miao Y., Chen A., Liu M., Wang T., Zhao X., Song Z., Miao R., Liu Y. The relationship between 35 woody plant species' spring phenology to their heights and stem tissue densities on a campus. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology. 2017. Vol. 23 (5). P. 785–791. DOI: 10.3724 /SP.J.1145.2016.11020.
4. Renner S.S., Zohner C.M. Climate change and phenological mismatch in trophic interactions among plants, insects, and vertebrates. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 2018. Vol. 49. P. 165–180. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-110617-062535.
5. Flynn D.F.B., Wolkovich E.M. Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. New Phytologist. 2018. Vol. 219. P. 1353–1362. DOI: 10.1111/nph.15232.
6. Kruzhilin S.N., Taran S.S., Semenyutina A.V., Matvienko E.Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. formation in steppe region conditions. Kuwait Journal of Science. 2018. Vol. 45. № 4. P. 52–58.
7. Таран С.С., Матвиенко Е.Ю., Кружилин С.Н. Законоомерности роста и формирования насаждений с участием *Pinus sylvestris* и *Pinus pallasiana* в условиях Нижнего Дона // Репутациология. 2017. № 1 (43). С. 19–26.
8. Таран С.С., Матвиенко Е.Ю., Кружилин С.Н. Regularities of growth and formation with trees *Pinus sylvestris* and *Pinus pallasiana* in the Lower Don // Reputaciologiya. 2017. № 1 (43). P. 19–26 (in Russian).
9. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. Тольятти: Кассандра, 2013. С. 88–95.
10. Шитиков В.К., Rosenberg G.S. Randomization and Bootstrap: Statistical Analysis in Biology and Ecology Using R. Tol'yl'atti: Kassandra, 2013. P. 88–95 (in Russian).
11. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 12 с.
12. Стукач О.В. Statistica software complex in solving quality management problems. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011. 12 p. (in Russian).
13. Погода и климат. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (дата обращения: 17.01.2021).
14. Weather and climate. [Electronic resource]. URL: <https://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (date of access: 17.01.2021) (in Russian).
15. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Камышине. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm> (дата обращения: 17.01.2021).
16. Average monthly and annual air temperatures in Kamyshin. [Electronic resource]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34363.htm> (date of access: 17.01.2021) (in Russian).