

Феноритмика представителей родового комплекса *Gleditsia* в условиях интродукции

Кристина Андреевна Мельник✉, м.н.с. лаборатории биоэкологии древесных растений,
e-mail: melnik-k@vfanc.ru, ORCID 0000-0002-7103-6436;

Алия Шамильевна Хужахметова, в.н.с. лаборатории биоэкологии древесных растений,
ORCID 0000-0001-5127-8844 – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Рос-
сийской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), info@vfanc.ru,
400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, России

Изучение особенностей прохождения феноритмики интродуцентов позволяет судить об адаптации древесных растений к новым условиям и необходимо для решения практических задач при обогащении дендрофлоры лесомелиоративных комплексов. Исследование проводили с целью выявления особенностей феноритмики интродуцированных представителей рода *Gleditsia* в условия Волгоградской области. Метод фенонаблюдений применен при мониторинге за растениями *Gleditsia texana*, *G. caspica*, *G. triacanthos*, *G. sinensis*, *G. aquatica*, *G. japonica*, коллекции которых расположены на участках ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10). По многолетним данным (1980-2020 гг.) установлено, что изменение сроков прохождения различных фенологических фаз таксонов рода *Gleditsia* происходит под влиянием напряженности факторов внешней среды. По срокам прохождения фенофазы распускания почек *G. triacanthos* и *G. sinensis* были построены линии тренда. У растений *G. triacanthos* за последние 40 лет сдвиг сроков происходит незначительно (с достоверностью аппроксимации 0,875). Выявлена оптимальная температура для начала активного прохождения различных фенологических фаз. У наблюдаемых видов рода *Gleditsia* выявлены незначительные различия в сроках начала и окончания цветения в разные годы. Виды североамериканского происхождения (*G. texana*, *G. triacanthos*) проходят полный цикл развития, что говорит об успешности их интродукции и адаптации.

Ключевые слова: древесные растения, *Gleditsia*, фенологические наблюдения, линия тренда фенодат, обогащение, лесомелиоративные комплексы

Исследования проведены в рамках выполнения ГЗ № FNFE-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер 121041200197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования РФ.

Поступила в редакцию: 05.07.2022

Принята к печати: 23.08.2022

В связи с достоверной тенденцией усиления темпов потепления и деградации территорий одной из первостепенных проблем современной агролесомелиоративной науки является изучение реакций растений на возможные климатические изменения [6, 7]. За рубежом [9, 11, 12, 13] ведутся активные исследования по улучшению точности прогноза реакции растений на будущие климатические условия.

Фитофенологические исследования позволяют оценить приспособленность древесных растений к условиям интродукции, выявить закономерности сезонного развития при воздействии конкретных факторов [2, 8, 10, 14]. Первые отечественные ученые, которые внесли большой вклад в развитие фенологии как науки, – это В.А. Батманов, М.К. Куприянова и А.П. Щенников [4]. В своих научных работах они уделяли внимание прогнозированию развития растений по фенологическим этапам на основе индивидуальных особенностей самих объектов исследования и взаимодействия абиотических, биотических факторов. Накопленный массив фенодат за значительный промежуток времени позволяет выявить тенденции изменений природ-

ных процессов и планировать сроки реализации сезонно-зависимых мероприятий в сельском и лесном хозяйстве.

Виды рода *Gleditsia* относят к засухоустойчивым и декоративным растениям, которые способны привлечь полезную энтомофауну, как нектаропыльценосы. В различных источниках указывается медопродуктивность от 200 до 250 кг/га насаждений. Гледичия уступает по этому показателю только видам рода *Robinia*. Однако более поздние сроки цветения *Gleditsia* дают преимущество перед *Robinia*, что имеет важное значение для организации пчеловодами дополнительной кормовой базы для получения качественной продукции.

Цель исследований – выявить особенности феноритмики интродуцированных представителей рода *Gleditsia* в условия Волгоградской области.

Материалы и методы исследования. Объектами фитофенологических исследований являлись представители родового комплекса гледичия (*Gleditsia*), произрастающие на кластерных участках ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10). По общепринятым методикам [2, 3] изучена феноритми-

ка представителей родового комплекса *Gleditsia* к данным климатическим условиям среды. Для установления среднесезонных календарных дат наступления фаз были привлечены фенологические записи отчетных материалов ФНЦ агроэкологии РАН.

По результатам изучения феноритмики составлен феноспектр – графическое изображение фазы цветения изученных видов рода *Gleditsia* в годы наблюдений (2019-2022 гг.). Характеристики погодных условий представлены по данным

электронного ресурса [5]. Проведен биоклиматический расчет эффективных температур для основных фаз: набухание и распускание почек; зеленение; начало, массовое и конец цветения; созревание плодов; раскраска листьев и листопад. Статистический анализ массива данных осуществлен в среде Excel и по методике Г.Н. Зайцева [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Начало набухания почек представителей родового комплекса *Gleditsia* приходится на 2-3 декаду апреля в годы наблюдений (таблица 1).

Таблица 1 – Основные фазы рода *Gleditsia*

Фенофазы	Крайние даты	Сумма эффективных температур выше +5°C	Кол-во дней с температурой выше +5 °C
<i>G. texana</i>			
Набухание почек	12.IV – 23.IV	35,3-110,8*	18 - 29
Распускание почек	18.IV – 28.IV	89 – 170,8*	24 - 34
Зеленение	1.V – 5.V	160 – 251,40*	37 - 41
Массовое цветение	5.VI – 13.VI	580,3 – 853,7*	72-80
Созревание плодов	13.IX – 28.IX	2474,3 – 2611**	172 -187
Раскраска листьев	19.IX – 22.IX	2454,9 – 2672**	178 - 181
Листопад	14.X – 23.X	2666,5 – 2819,10**	203- 212
<i>G. caspica</i>			
Набухание почек	10.IV – 22.IV	19,2-103,9*	16 - 28
Распускание почек	14.IV – 30.IV	58 – 232,2*	20 - 36
Зеленение	28.IV – 1.V	141 – 217,40*	34 - 37
Массовое цветение	3.VI – 11.VI	517 – 807,7*	70 - 78
Созревание плодов	14.IX – 23.IX	2399,1 – 2713,2**	173- 182
Раскраска листьев	16.IX – 20.IX	2420,4 – 2680,5**	175- 179
Листопад	13.X – 15.X	2645,7 – 2789,0	202 - 204
<i>G. triacanthos</i>			
Набухание почек	13.IV – 20.IV	80,2-102,4*	19 - 26
Распускание почек	29.IV – 3.V	138,4 – 224,9*	35 - 39
Зеленение	5.V – 14.V	172,9 – 319,2*	41 - 50
Массовое цветение	7.VI – 14.VI	553,4 – 830,8*	72 - 81
Созревание плодов	18.VIII – 30.IX	1495,1 – 2554,1**	146 - 189
Раскраска листьев	17.IX – 25.IX	2468,4 – 2647,0**	176 - 184
Листопад	9.X – 21.X	2627,8 – 2809,0**	198 - 210
<i>G. sinensis</i>			
Набухание почек	25.IV – 30.IV	105,6-176,9*	31-36
Распускание почек	27.IV – 17.V	118,1 – 347,6*	33-53
Зеленение	3.V – 14.V	149,3 – 547,6*	36-50
Раскраска листьев	13.IX – 17.IX	2409,6 – 2611,0**	172-176
Листопад	22.X – 28.X	2716,2 – 2826,6**	211- 217
<i>G. aquatica</i>			
Набухание почек	4.IV – 20.IV	52.1- 96.2*	10 - 26
Распускание почек	16.IV – 28.IV	74,4 - 170,8*	22- 34
Зеленение	25.IV – 6.V	133,4 – 226,5*	31 - 42
Массовое цветение	14.VI – 15.VI	705,8 – 868,8*	81- 82
Созревание плодов	1.IX – 4.X	2258,8– 2746,6**	160 - 193
Раскраска листьев	9.IX – 12.IX	2334,5 – 2556**	168 - 171
Листопад	16.X – 20.X	2685,2 – 2801,5**	205 - 209
<i>G. japonica</i>			
Набухание почек	17.IV – 25.IV	89- 105,6*	23 - 31
Распускание почек	21.IV – 2.V	110,4 - 186,3*	27 - 38
Зеленение	28.IV – 10.V	141 – 285,3*	34 - 46
Массовое цветение	16.VI – 17.VI	744,3 – 905,2*	83 - 84
Созревание плодов	25.IX – 27.IX	2513,1– 2724,3**	184 - 186
Раскраска листьев	19.IX – 21.IX	2447,6 – 2689**	178 - 180
Листопад	10.X – 18.X	2634,9 – 2767,3**	199-207

*сумма эффективных температур за 2019-2022 гг.; **сумма эффективных температур за 2019-2021 гг.

В условиях интродукции вторая фаза «распускание почек» у *Gleditsia* происходит во II половине апреля при температуре $\geq 15^{\circ}\text{C}$. Позднее всех распускаются почки у *Gleditsia sinensis*. Интродуцированные виды данного рода начинают вегетацию в оптимальные сроки, однако по отношению к среднестатистической дате (середина апреля) они имеют позднее начало вегетации. Данная особен-

ность объясняется географическим происхождением представителей, теплолюбивыми видами.

В условиях Волгоградской области раньше всех зацветают *G. caspica*, *G. texana* и *G. triacanthos*. У родового комплекса *Gleditsia* не наблюдается повторного летнего цветения. *G. japonica* зацветает позже остальных видов (рис. 1,2).

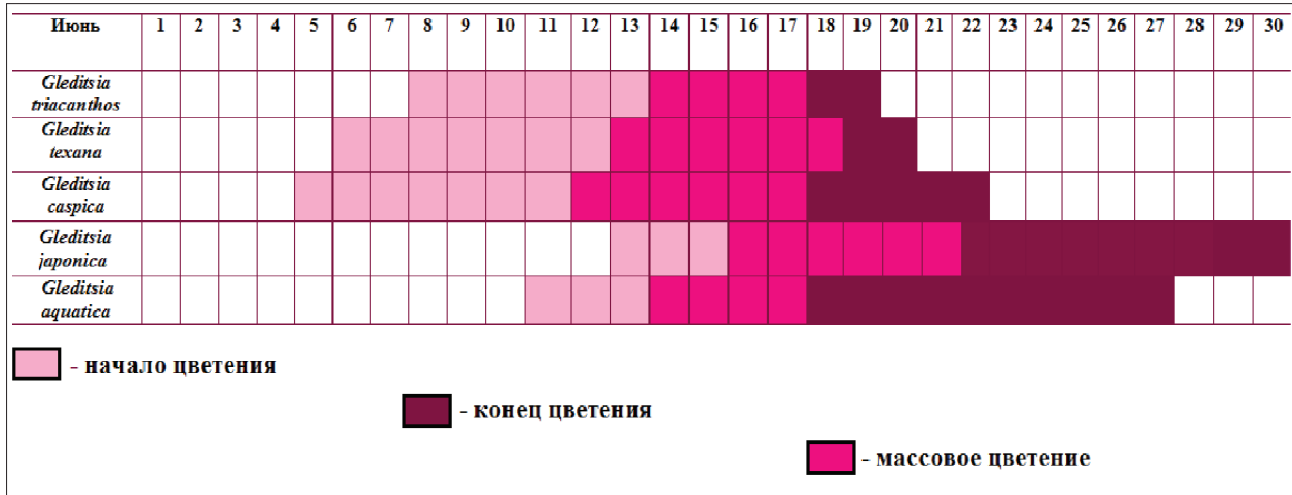


Рисунок 1. Календарь цветения различных видов за 2019-2022 г.

В 2020 г. из-за пониженной температуры в весенне-летний период сроки прохождения основных фенологических фаз сезонного развития рода *Gleditsia* были сдвинуты на 5 дней по сравнению с

2019 г., сроки созревания плодов увеличились на 7 дней. Календарные даты начала и окончания роста побегов зависят от климатических показателей.



Рисунок 2. Цветение *Gleditsia triacanthos*, июль 2021 г.

С наступлением сухой и жаркой погоды прирост боковых побегов прекращается (таблица 2).

Массовая раскраска листьев у *Gleditsia triacanthos* зарегистрирована 17 ± 5 дней ноября,

начало массового листопада – через шесть дней. Раньше всех желтеют листья у *G. aquatica*. *Gleditsia sinensis* имеет более длительный период листопада, чем остальные исследуемые виды.

Таблица 2 – Средние и конечные календарные даты начала и окончания роста побегов за 2019-2021 гг.

Виды	Рост побегов	
	начало	конец
<i>G. texana</i>	<u>13. IV</u> 2. IV – 23. IV	<u>3. VII</u> 6. VI – 3. VII
<i>G. caspica</i>	<u>12. IV</u> 2. IV – 22. IV	<u>11. VII</u> 10. VI – 15. IX
<i>G. triacanthos</i>	<u>10. IV</u> 2. IV – 20. IV	<u>3. VII</u> 5. VI – 10. IX
<i>G. sinensis</i>	<u>16. IV</u> 2. IV – 30. IV	<u>28. VII</u> 10. VI – 15. IX
<i>G. aquatica</i>	<u>11. IV</u> 2. IV – 20. IV	<u>23. VII</u> 20. VI – 30. VII
<i>G. japonica</i>	<u>13. IV</u> 2. IV – 25. IV	<u>31. VII</u> 10. VI – 20. XI

Примечание: в числителе – средняя дата, в знаменателе – крайние даты

Десятилетний период 2010–2020 годов стал самым теплым с начала измерений температуры (с 1980 года). Из расчета разности средних сезонных температур между соседними годами следует, что в летний период времени в 1992–1993, 2014–2015 и 2016–2017 гг. были близки значения среднемесячных температур. Календарные даты по мно-

голетним наблюдениям использовались для построения линии тренда. По срокам прохождения фенофаз *Gleditsia* (за 40-летний период) были построены линии тренда по распусканию почек. Выявлено, что у растений *G. triacanthos* с достоверностью аппроксимации 0,875 сдвиг сроков за последние 40 лет происходит незначительно (рис. 3).

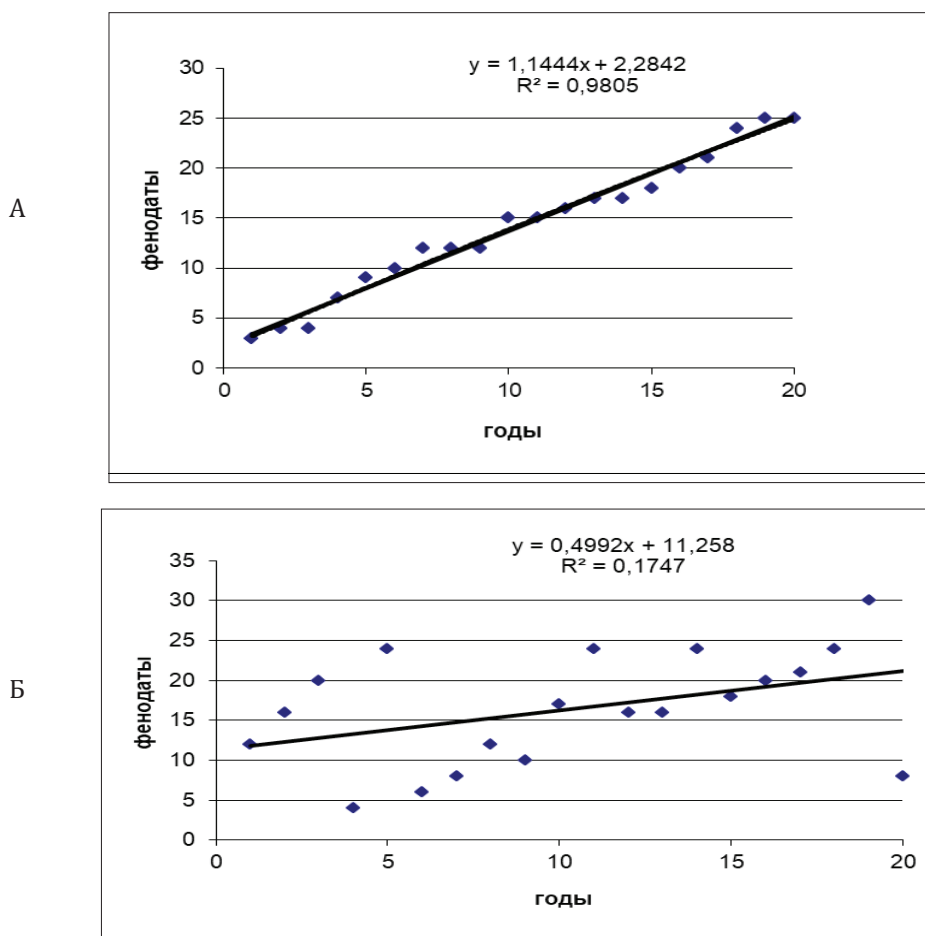


Рисунок 3. Использование линии тренда для аппроксимации функции между видами (А – *G. triacanthos* и Б – *G. sinensis*) в фазе набухания почек

Заключение. При анализе фенологической изменчивости установлено, что вторая фаза «распускание почек» у североамериканских представителей *Gleditsia* происходит во II половине апреля при температуре $\geq 15^\circ\text{C}$. Позднее всех распускаются почки у *Gleditsia sinensis*. Различия в сроках наступления фаз «распускание почек» и «зеленение» у видов североамериканского ареала достигает 10 дней. Определены климатические факторы, оптимальные для процесса цветения ($22-26^\circ\text{C}$). Каждый вид характеризуется индивидуальными биоэкологическими особенностями растений по срокам созревания плодов и семян. По многолетним данным (1980-2020 гг.) установлена отрицательная феноаномалия. У растений *G. triacanthos* за последние 40 лет сдвиг сроков происходит незначительно (с достоверностью аппроксимации 0,875). Виды североамериканского происхождения (*G. texana*, *G. triacanthos*) проходят полный цикл развития, что говорит об успешности их интродукции и адаптации в условиях Волгоградской области. Повышение среднемесячных температур воздуха за последние десятилетия оказывает влияние на экспрессивное протекание феноритмики у интродуцированных образцов рода *Gleditsia*.

Литература:

1. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. – М.: Наука, 1981. 120 с.
2. Громадин А.В. Дендрология. – М: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. 848 с.
3. Голубева И.В., Галушко Р.В., Кормилицин А.М. Методические указания по фенологическим наблюдениям над деревьями и кустарниками при их интродукции на юге СССР. – Ялта. НБС, 1977. 25 с.
4. Общая фенология и методы фенологических исследований: учебное пособие для студентов геогр.-биол. фак. / О.В. Янцер, Е.Ю. Терентьева. – Екатеринбург: Изд-во УрГПУ, 2013. 21 с.
5. Погодные сервисы [Электронный ресурс]. URL: <http://pogoda-service.ru/> (Дата обращения 08.05.2021).
6. Семенютина А.В., Свинцов И.П., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А. Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т.8.№2. С. 46-59. DOI:10.25726/NM.2018.2.2.005
7. Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Analysis of bioresource collections on climatic rhythms and phenological processes. Ecological Engineering and Environmental Technology. 2022. Т. 23.№3. С. 87-94. DOI:10.12912/27197050/147152
8. Csontos P., Kalapos T., Faradhimu T., Hardi T., Tamas J. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas. Biologia Futura. 2020. Vol. 71, Issue 1-2. Pp. 81-91.
9. De Souza A.C.P., Da Costa R.C. Differences in leaf phenology between juvenile and adult individuals of two tree species in a seasonally dry tropical woodland. Austral Ecology. 2020. Vol. 45, Issue 2. Pp. 240-248.
10. Ettinger A.K., Chamberlain C.J., Morales-Castilla I., Samaha J.A., Wolkovich E.M. Winter temperatures predominate in spring phenological responses to warming. Nature Climate Change. 2020. Vol. 10, Issue 12. Pp. 1137-1142 DOI:10.1038/s41558-020-00917-3.
11. 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, Issue 4. Pp. 1353-1362.
12. O Connell E., Savage J. Extended leaf phenology has limited benefits for invasive species growing at northern latitudes. Biological Invasions. 2020. Vol. 22, Issue 10. Pp. 2957-2974. DOI: 10.1007/s10530-020-02301-w.
13. Singh R.K., Svystun T.b, AlDahmash B., Jönsson A.M. Bhalerao R.P. Photoperiod- and temperature-mediated control of phenology in trees – a molecular perspective. New Phytologist. 2017. Vol. 213, Issue 2. Pp. 511-524 DOI:10.1111/nph.14346
14. Zohner C.M. Benito B.M. Svenning J.-C., Renner S.S. Day length unlikely to constrain climate-driven shifts in leaf-out times of northern woody plants. Nature Climate Change. 2016. Vol. 6, Issue 12. Pp. 1120-1123.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.011.75-80

Phenorhythmics of the *Gleditsia* generic complex representatives in the conditions of introduction

Kristina A. Mel'nik✉, Junior Researcher of Laboratory of woody plants bioecology,
e-mail: melnik-k@vfanc.ru, ORCID 0000-0002-7103-6436;

Aliya Sh. Khuzhakhmetova, Leader Researcher of Laboratory of woody plants bioecology,
ORCID 0000-0001-5127-8844 –

Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of agroecology RAS),
info@vfanc.ru, 400062, Universitetskij pr-t, 97, Volgograd, Russia

Abstract. The study of the introduced plants phenorhythmics peculiarities allows us to judge the adaptation of woody plants to new conditions and is necessary to solve practical problems when enriching the dendroflora of forest ameliorative complexes.

The study was carried out in order to identify the features of the introduced representatives of the genus *Gleditsia* phenorhythmics in the conditions of the Volgograd region. The method of pheno-observations was used for monitoring plants of *Gleditsia texana*, *G.*

cassis, *G. triacanthos*, *G. sinensis*, *G. aquatica*, *G. jaropis*, whose collections are located at the sites of the FSC of agroecology RAS (Cadaster № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10). According to long-term data (1980-2020), it was found that the change in the timing of the passage of various phenological phases of the *Gleditsia* genus taxa occurs under the influence of environmental factors. According to the timing of the phenophase of budding of *G. triacanthos* and *G. sinensis*, trend lines were constructed. In *G. triacanthos* plants over the past 40 years, the timing shift has been negligible (with an approximation confidence of 0.875). The optimal temperature for the active passage of various phenological phases beginning has been revealed. The observed species of the genus *Gleditsia* revealed slight differences in the timing of the beginning and ending of flowering in different years. Species of North American origin (*G. texana*, *G. triacanthos*) undergo a full cycle of development, which indicates the success of their introduction and adaptation.

Keywords: woody plants, *Gleditsia*, phenological observations, phenodate trend line, enrichment, forest ameliorative complexes

The research was carried out within the framework of the implementation of the State Program No. FNFE-2021-0001 "Scientific foundations and technologies for enriching the dendroflora of forest ameliorative complexes with economically valuable woody and shrubby plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number 121041200197-8), funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Received: 05.07.2022

Accepted: 23.08.2022

References:

- Zajtsev G.N. *Fenologiya drevesnykh rastenij* [Phenology of woody plants], M., «Nauka» Publ. house, 1981. 120 p.
- Gromadin A.V. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow. RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Publ. house. 2010. 848 p.
- Golubeva I.V., Galushko R.V., Kormilitsin A.M. *Metodicheskie ukazaniya po fenologicheskim nablyudeniyam nad derevyami i kustarnikami pri ikh introduksii na yuge SSSR* [Methodological guidelines for phenological observations of trees and shrubs during their introduction in the south of the USSR]. Yalta. «NBS» Publ. house. 1977. 25 p.
- Yantser O.V., Terent'eva E.Yu. *Obshchaya fenologiya i metody fenologicheskikh issledovaniy* [General phenology and methods of phenological research]: a textbook for students of geogr.-biol. fac., Yekaterinburg. USPU Publ. house. 2013. 21 p.
- Pogodnye servisy* [Weather services] [Electronic resource]. URL: <http://pogoda-service.ru/> (Access date: 08.05.2021).
- Semenyutina A.V., Svintsov I.P., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region. Mysl': an electronic periodical, «Nauka» Publ. house, 2018. V. 8. 2. pp. 46-59. DOI:10.25726/NM.2018.2.2.005
- Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Analysis of bioresource collections on climatic rhythms and phenological processes. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2022. T. 23. 3. C. 87-94. DOI:10.12912/27197050/147152
- Csontos, P., Kalapos, T., Faradhimu, T., Hardi, T., Tamas, J. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas. *Biologia Futura*. 2020. Vol. 71. Issue 1-2. Pp. 81-91.
- De Souza, A.C.P., Da Costa, R.C. Differences in leaf phenology between juvenile and adult individuals of two tree species in a seasonally dry tropical woodland. *Austral Ecology*. 2020. Vol. 45. Issue 2. Pp. 240-248.
- Ettinger, A.K., Chamberlain, C.J., Morales-Castilla, I., Samaha, J.A., Wolkovich, E.M. Winter temperatures predominate in spring phenological responses to warming. *Nature Climate Change*. 2020. Vol. 10. Issue 12. Pp. 1137-1142 DOI:10.1038/s41558-020-00917-3.
- 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. Issue 4. Pp. 1353-1362.
- O Connell, E., Savage, J. Extended leaf phenology has limited benefits for invasive species growing at northern latitudes. *Biological Invasions*. 2020. Vol. 22. Issue 10. Pp. 2957-2974. DOI: 10.1007/s10530-020-02301-w.
- Singh, R.K., Svystun, T.b, AlDahmash, B. Jönsson, A.M. Bhalerao, R.P. Photoperiod- and temperature-mediated control of phenology in trees – a molecular perspective. *New Phytologist*. 2017. Vol. 213. Issue 2. Pp. 511-524 DOI:10.1111/nph.14346
- Zohner, C.M. Benito, B.M. Svenning, J.-C., Renner, S.S. Day length unlikely to constrain climate-driven shifts in leaf-out times of northern woody plants. *Nature Climate Change*. 2016. Vol. 6. Issue 12. Pp. 1120-1123.

Цитирование. Мельник К.А., Хужахметова А.Ш. Феноритмика представителей родового комплекса *Gleditsia* в условиях интродукции // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 75-80. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.011.75-80

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Mel'nik K.A., Khuzhakhmetova A.Sh. Phenorhythmics of the *Gleditsia* generic complex representatives in the conditions of introduction. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 75-80. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.011.75-80

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.