

Зависимость феноритмов североамериканских кленов от метеопараметров на Южном Урале (г. Уфа)

Н. А. РЯЗАНОВА, Н. В. ПОЛЯКОВА, З. Х. ШИГАПОВ

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра РАН
450080, Уфа, ул. Менделеева, 195, корп. 3
E-mail: botsad@anrb.ru

Статья поступила 01.04.2022

После доработки 19.05.2022

Принята к печати 13.06.2022

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ фенологического развития 13 таксонов североамериканских кленов за 2013–2020 гг. на базе коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН. Установлена сумма положительных, эффективных и активных температур, а также сумма осадков, необходимых для наступления основных фенофаз. Большинство фенофаз зависит от метеоусловий, кроме фаз начала и окончания цветения, созревания плодов – они генетически обусловлены. Этим объясняется большая разница суммы температур и осадков, приходящаяся на начало этих фаз у разных видов. Сумма положительных температур на начало цветения составляет 11–497 °С, количество осадков 33–80 мм, по окончании цветения – 149–722 °С и 43–112 мм соответственно. Количество положительных температур, приходящееся на фенофазу созревания плодов, варьируется от 693 до 2662 °С, сумма осадков к этому времени составляет от 47,5 до 315 мм. Продолжительность вегетации североамериканских кленов в Уфе в зависимости от вида составляет от 140 (*A. tschonoskii*) до 172 (*A. rubrum* ‘Sommer Red’) дней.

Ключевые слова: *Acer* L., сумма температур, фенология, вегетация, Уфа.

ВВЕДЕНИЕ

Важной функцией ботанических садов является всестороннее изучение интродуцированных древесно-кустарниковых растений для увеличения разнообразия видов, используемых в озеленении. Растения, ареал распространения которых находится в Северной Америке, являются наиболее перспективными в интродукционном отношении для условий средней полосы России [Беляева, 1992; Мартынов, Смирнова, 2015]. Благодаря схожести климата и почв вероятность их успешной адаптации в России с сохранением деко-

ративности очень высока [Коляда, 2004, 2021; Демидова и др., 2021]. Мониторинг фенологических процессов при интродукции имеет ключевое значение, так как адаптация новых для конкретного региона таксонов считается успешной, если растение проходит полный цикл сезонного развития, завязывает полноценные семена и дает жизнеспособный самосев [Трулевич, 1991; Аношкина, 2019].

Представители рода Клен (*Acer* L.) являются лесообразующей породой и широко используются в озеленении [Ясинская и др., 2020]. Ареал распространения кленов охватывает

значительную часть Северной Америки и Евразии. В состав рода в настоящее время входит 124 вида, 95 подвидов, 8 разновидностей и 1 форма [Gelderen et al., 1994]. Кроме того, имеется большое количество сортов данной культуры, с успехом используемых в декоративном садоводстве [Каталог..., 2017]. В Южно-Уральском ботаническом саду-институте Уфимского федерального исследовательского центра РАН (далее ЮУБСИ) собрана довольно большая коллекция видов и сортов кленов, около трети из которых имеет североамериканское происхождение [Растения..., 2019]. За всеми таксонами на протяжении многих лет ведутся фенологические наблюдения и изучение биологических особенностей в условиях интродукции на Южном Урале [Рязанова, Путенихин, 2012; Рязанова, 2017].

Целью нашей работы являлась характеристика сезонного ритма североамериканских кленов при интродукции в г. Уфе и выявление связи наступления фенофаз с метеорологическими параметрами региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе коллекции ЮУБСИ в 2013–2020 гг. Климат района проведения исследований (г. Уфа) континентальный, с продолжительной холодной зимой и умеренно теплым, а иногда и жарким летом, большой изменчивостью температуры воздуха, особенно весной и осенью. В период с 2013 по 2020 г. среднегодовая температура в Уфе составила +4,6 °С, среднемесячная температура воздуха в январе –11,7 °С, в июле +19,6 °С; абсолютный минимум –53 °С, абсолютный максимум +37 °С. По карте климатических зон USDA зимостойчивости [Каталог..., 2017] г. Уфа расположен в зоне 3 (со средними многолетними минимальными температурами от –34,5 до –39,9 °С). В связи с потеплением [Полякова, 2018] в последние годы климат города больше соответствует зоне 4 (со средними многолетними минимальными температурами от –28,9 до –34,4 °С) [Температура..., 2022]. Годовое количество осадков колеблется в пределах 464–734 мм, в среднем составляет 580 мм. Почвы серые лесные, темно-серые лесные различной мощности, отличаются большой уплотненностью. Реакция

почвенной среды слабокислая или близкая к нейтральной [Кираев и др., 2015].

Объектами исследования являлись 13 таксонов кленов североамериканского происхождения в коллекции ЮУБСИ (табл. 1). Латинские названия видов приведены согласно The Plant List [2021]. Классификация рода приведена в соответствии с зарубежной классификацией рода *Acer* L. [Gelderen et al., 1994].

Фенологические наблюдения проводили в соответствии с общепринятыми методиками [Методика..., 1975; Минин и др., 2020] по восьми основным и одной дополнительной фенофазам.

Начало набухания почек (Пч1) отмечается, когда почки начинают увеличиваться в размерах, между чешуями появляются светлые полосы. *Разверзание или раскрытие почек* (Пч2) у кленов фиксируется при появлении кончиков предлистьев из-под расходящихся почечных чешуй. У видов кленов с почками с двумя чешуями фаза регистрируется при расхождении чешуй в верхней части почки. У древесных растений данная фенофаза принимается за начало вегетации. *Фаза начала роста побегов* (Пб1) наблюдают на побегах, вырастающих из верхушечных почек, расположенных на удлинённых побегах прошлого года; эта фаза у кленов совпадает с началом распускания листьев [Аксенова, 1975]. *Начало цветения* (Ц4) ветроопыляемых видов: у тычиночных цветков отмечают по началу пыления, когда при потряхивании вылетает пыльца; у пестичных цветков – с появлением на лопастях рыльца влажного налета (сексудата); у видов с развитым околоцветником – с полным раскрытием венчика. *Окончание цветения* (Ц5): цветение тычиночных цветков заканчивается с прекращением пыления, пыльники буреют и высыхают; у пестичных цветков исчезает влажный налет и лопасти пестика начинают увядать; у цветков с развитым околоцветником лепестки начинают увядать или венчик полностью опал. *Созревание плодов* (Пл3): у кленов считаются зрелыми те плоды, у которых побурели (высохли) не только крылатки, но и околоплодник. *Начало осеннего расцветивания* листьев (Л4): фазу отмечают при появлении в кроне полностью расцветивших в осенние тона листьев. *Начало листопада* (Л5) – начало опадения листьев, фенофаза принимается за окончание вегетации. Так как для характеристики

Т а б л и ц а 1
Североамериканские клены коллекции ЮУБСИ

№	Таксон	Естественный ареал	Год интродукции	Количество, экз.
I. Секция <i>Parviflora</i> Koidzumi				
1	<i>A. spicatum</i> Lamareck	Северная Америка от низовьев р. Святого Лаврентия до Саскачевана, южнее вдоль Аппалачских гор до Северной Джорджии	1984	5
II. Секция <i>Palmata</i> Pax				
2	<i>A. circinatum</i> Pursh	Запад Северной Америки от Колумбии через Вашингтон, Орегон, до Калифорнии	2012	5
IV. Секция <i>Macrantha</i> Pax				
3	<i>A. pensylvanicum</i> L.	Северная граница от юга канадской провинции Онтарио на западе до Новой Шотландии на востоке, на юге от восточного Иллинойса до Нью-Джерси, в Аппалачских горах распространен значительно южнее остального ареала, до северной Джорджии	2014	2
V. Секция <i>Glabra</i> Pax				
4	<i>A. glabrum</i> Torrey ssp. <i>glabrum</i>	США: Южная Аляска, Небраска, Колорадо, Айдахо, Западная Монтана, Орегон, Вашингтон, Вайоминг, Нью-Мексико, Северная Калифорния, Невада, Юта. В Канаде: Альберта и Британская Колумбия	2014	3
VI. Секция <i>Negundo</i> (Boemer) Maximowicz				
5	<i>A. negundo</i> L. ssp. <i>negundo</i>	От Онтарио на юг до Флориды и на запад до восточных склонов Скалистых гор	2010	3
6	<i>A. negundo</i> 'Aureo-variegatum'	—	2007	1
7	<i>A. negundo</i> 'Aureum'	—	2007	2
8	<i>A. negundo</i> L. 'Flamingo'	—	2013	2
VIII. Секция <i>Acer</i>				
9	<i>A. saccharum</i> Marshall ssp. <i>saccharum</i>	Восток США и Канады от Новой Шотландии и Нью-Брансуика на запад до канадских провинций Онтарио и Манитоба, далее на юг через Миннесоту и Канзас до Северного Техаса, оттуда на восток до Джорджии	2013	3
XV. Секция <i>Rubra</i> Pax				
10	<i>A. rubrum</i> L.	Северная Америка: Квебек и Онтарио, на юг до Флориды, на запад до Висконсина, Западной Айовы, Техаса	2007	3
11	<i>A. rubrum</i> 'Oktober Glory'	—	2017	1
12	<i>A. rubrum</i> 'Sommer Red'	—		1
13	<i>A. saccharinum</i> L.	США, Восточная Канада	1986	2

декоративных качеств кленов важным является продолжительность периода осеннего окрашивания листьев, нами была введена дополнительно еще одна фенофаза сезонного

развития – окончание листопада (Л6), т. е. фиксировалась дата полного их опадения.

Основные метеорологические параметры (сумма температур выше 0 °С, 5 °С и 10 °С,

сумма осадков за определенный период времени) рассчитывали по данным метеостанции Уфа [Температура].

Сумма эффективных температур – сумма разностей наблюдаемой и пороговой температур (5 °С, 10 °С,) с даты устойчивого перехода через 5° или 10 °С до наступления определенной фазы развития. Рассчитывалась по формуле

$$y = \Sigma(t - a),$$

где y – сумма температур; t – наблюдаемая среднесуточная температура; a – температура, с переходом через которую начинается очередная фенологическая фаза растения (табл. 2).

Учет цветения и плодоношения кленов проводили по следующей шкале [Рязанова, Путенихин, 2012]:

0 – цветения нет; неурожай (плодов нет);

1 балл – очень слабое цветение (имеются лишь единичные цветки); очень слабый урожай (имеются лишь единичные плоды);

2 – слабое цветение (незначительное количество цветков); урожай (незначительное количество плодов на некоторых ветвях);

3 – среднее по обилию цветение (среднее количество цветков в верхней и средней частях кроны); средний урожай (среднее количество плодов в верхней и средней частях кроны);

4 – хорошее цветение (цветков, соцветий много в верхней и средней частях кро-

ны), хороший урожай (плодов много в верхней и средней частях кроны);

5 – очень хорошее цветение (очень много цветов по всей кроне); очень хороший урожай (очень много плодов по всей кроне).

Статистическую обработку проводили с использованием Excel 2010. Величина коэффициента корреляции отражает силы связи. При оценке силы связи коэффициентов корреляции использована шкала С. А. Мамаева [Мамаев, 1973]. При отрицательной корреляции значения силы связи между переменными меняют на противоположные. Значение анализа силы связи между переменными: от 0 до 0,3 – очень слабая; от 0,3 до 0,5 – слабая; от 0,5 до 0,7 – средняя; от 0,7 до 0,9 – высокая; от 0,9 до 1 – очень высокая.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Каждая фенологическая фаза наступает при достижении определенных показателей температуры и увлажнения. Важное значение в агроклиматологии при оценке теплообеспеченности растений имеют суммы эффективных температур (выше 5°), характеризующие потребности культур в тепле и влаге в различные фазы вегетационного периода [Казаква, Репецкая, 2017; Montteuro et al., 2017; Au et al., 2020]. Количество эффективных температур, необходимое в среднем для прохождения определенной фазы или всей гене-

Т а б л и ц а 2
Переход температур через 0 °С, 5 °С и 10 °С по данным метеостанции Уфа

Год	Переход через 0 °С	Переход через 5 °С	Переход через 10 °С	Переход через 10 °С	Переход через 5 °С	Переход через 0 °С
		Весна			Осень	
2013	01.04	17.04	19.04	25.09	11.11	20.11
2014	13.04	15.04	29.04	15.09	01.10	19.10
2015	04.04	14.04	29.04	30.09	07.10	29.10
2016	24.03	10.04	10.04	05.10	09.10	22.10
2017	06.04	13.04	28.04	22.09	19.10	03.11
2018	01.04	27.04	28.04	27.09	11.10	08.11
2019	22.03	06.04	03.05	18.09	15.10	29.10
2020	09.03	09.04	26.04	19.09	17.10	09.11
Среднее	29.03 ± 11	14.04 ± 6	25.04 ± 7	24.09 ± 7	15.10 ± 12	2.11 ± 10

П р и м е ч а н и е. Полужирным шрифтом выделены наиболее ранние и наиболее поздние даты температурных переходов.

рации, специфично для каждого вида [Скворцов, Скокова, 2017; Ушаков, Недосекина, 2017; Oladi et al., 2017].

Вступление в фенофазу “набухание почек” у североамериканских кленов в условиях Уфы растянуто с 13 до 26 апреля (табл. 3). Наиболее раннее набухание почек характерно для *A. saccharinum*. Позже всех набухают почки у *A. circinatum*, *A. negundo* ‘Flamingo’, *A. saccharum*. Почки остальных видов начинают набухать 14–19 апреля.

В соответствии с методикой за начало вегетации древесных растений принимается дата начала распускания почек. Североамериканские клены вступают в вегетацию через 3–6 дней после начала набухания почек. Период вступления в фенофазу растянут на две недели. Так, в 2013–2020 гг. вегетация кленов начиналась в период с 18 по 30 апреля. Ранее по началу распускания почек интродуцированные виды клена нами были разделены на группы рано- (середина апреля), средне- (19–25 апреля) и поздне- (с конца апреля до 11 мая) [Рязанова, Пугинихин, 2012]. Среди североамериканских видов к группе ранораспускающихся (18 апреля) относятся два таксона – *A. glabrum* и *A. saccharinum* (табл. 4). Близок к ним *A. negundo* с датой начала вегетации 19 апреля. В средние сроки (19–23 апреля) начинают вегетировать большая часть изучаемых таксонов. Позднее всех (29–30 апреля) распускаются три таксона: *A. circinatum*, *A. negundo* ‘Flamingo’ и *A. saccharum*. По сравнению с периодом 2007–2011 гг. начало вегетации сдвинулось на более поздний срок у *A. saccharinum* (4 дня), чуть раньше начали распускаться почки *A. spicatum* (1 день), а также культиваров *A. negundo* ‘Aureo-variegatum’ и *A. negundo* ‘Aureum’ (на 3 дня). Осталась неизменной дата начала вегетации повсеместно акклиматизировавшегося *A. negundo*.

Рост побегов начинается через 5–18 дней после начала вегетации, т. е. в период с 29 апреля по 8 мая при сумме положительных температур 175–274 °С (см. табл. 4). Сумма эффективных температур выше 5 °С на этот момент составляет 44–93 °С. Сумма температур выше 10 °С незначительна – 3–25 °С.

Цветение у североамериканских кленов наблюдалось у 7 таксонов. Среди них первым зацветает *A. saccharinum* (20 апреля). В 2017 г.

Т а б л и ц а 3
Сезонный ритм развития североамериканских кленов в условиях ЮУБСИ в период 2013–2020 гг.

Таксон	Пч1	Пч2	Пб1	Ц4	Ц5	Пл3	Л4	Л5	Л6
<i>A. circinatum</i>	26.04 ± 2,2	30.04 ± 2,0	06.05 ± 2,1	14.05 ± 3,7	20.05 ± 2,6	26.09 ± 3,5	08.09 ± 3,7	30.09 ± 3,8	18.10 ± 3,2
<i>A. glabrum</i>	14.04 ± 5,7	18.04 ± 6,3	02.05 ± 4,3	–	–	–	31.08 ± 6,8	13.09 ± 3,3	30.09 ± 7,6
<i>A. negundo</i> , ♀	15.04 ± 2,3	19.04 ± 2,8	29.04 ± 2,4	03.05 ± 1,0	07.05 ± 0,5	–	08.09 ± 2,6	20.09 ± 3,7	08.10 ± 4,0
<i>A. negundo</i> ‘Aureo-variegatum’	18.04 ± 2,2	22.04 ± 2,3	02.05 ± 2,6	–	–	–	05.09 ± 4,4	13.09 ± 4,2	09.10 ± 2,2
<i>A. negundo</i> ‘Aureum’	19.04 ± 2,4	22.04 ± 2,3	30.04 ± 2,4	04.05 ± 2,9	07.05 ± 2,4	24.09 ± 4,0	08.09 ± 3,5	16.09 ± 3,2	10.10 ± 2,4
<i>A. negundo</i> ‘Flamingo’	24.04 ± 3,6	29.04 ± 3,1	06.05 ± 3,0	–	–	–	12.09 ± 5,9	25.09 ± 3,5	17.10 ± 4,1
<i>A. pensylvanicum</i>	16.04 ± 5,2	22.04 ± 4,7	05.05 ± 3,8	09.05 ± 0,0	15.05 ± 0,0	–	14.09 ± 1,5	28.09 ± 1,2	17.10 ± 4,8
<i>A. rubrum</i>	17.04 ± 2,4	22.04 ± 2,4	07.05 ± 2,6	28.04 ± 4,2	04.05 ± 4,0	–	06.09 ± 4,7	22.09 ± 5,7	11.10 ± 3,8
<i>A. rubrum</i> ‘Sommer Red’	18.04 ± 6,7	23.04 ± 5,1	08.05 ± 4,1	–	–	–	30.09 ± 4,3	13.10 ± 5,5	22.10 ± 7,9
<i>A. saccharinum</i>	13.04 ± 2,4	18.04 ± 2,2	06.05 ± 2,7	20.04 ± 3,3	26.04 ± 2,8	31.05 ± 1,0	18.09 ± 4,7	02.10 ± 2,8	27.10 ± 2,8
<i>A. saccharum</i>	26.04 ± 3,8	29.04 ± 4,5	04.05 ± 4,7	–	–	–	14.09 ± 4,3	07.10 ± 2,8	22.10 ± 2,8
<i>A. spicatum</i>	19.04 ± 2,0	23.04 ± 2,2	01.05 ± 2,2	24.05 ± 2,3	07.06 ± 2,3	22.09 ± 5,3	02.09 ± 2,7	27.09 ± 3,0	21.10 ± 1,8

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее в таблицах: Пч1 – начало набухания почек; Пч2 – разverzание почек; Пб1 – начало роста побегов; Ц4 – начало цветения; Ц5 – окончание цветения; Пл3 – созревание плодов; Л4 – расцветивание листьев; Л5 – начало листопада; Л6 – окончание листопада.

Т а б л и ц а 4
Сумма положительных температур на начало фенотаз североамериканских клеенов в г. Уфе

Таксон	Пч1	Пч2	Пч1	Пч4	Пч5	Пч3	Пч4	Пч5	Пч6
					Выше 0 °С				
<i>A. circinatum</i>	143 ± 16,3	181 ± 12	256 ± 17,0	378 ± 28,3	468 ± 22,8	2661 ± 168,6	2376 ± 73,3	2645 ± 81,8	2775 ± 60,3
<i>A. glabrum</i>	71 ± 8,1	111 ± 13,7	203 ± 14,6	—	—	—	2271 ± 129,8	2444 ± 82,3	2616 ± 83,7
<i>A. negundo</i> , ♀	62 ± 9,4	98 ± 12,8	259 ± 12,6	240 ± 6,2	290 ± 5,5	—	2427 ± 102,4	2572 ± 78,2	2747 ± 68,7
<i>A. negundo</i> 'Aureo-variegatum'	83 ± 7,0	118 ± 10,7	175 ± 11,3	—	—	—	2425 ± 68,5	2569 ± 86,1	2711 ± 75,1
<i>A. negundo</i> 'Aureum'	88 ± 8,8	121 ± 10,8	189 ± 8,8	235 ± 11,7	280 ± 8,8	2531 ± 0,3	2425 ± 59,9	2482 ± 53,5	2698 ± 78,9
<i>A. negundo</i> 'Flamingo'	128 ± 13,7	184 ± 13,5	206 ± 12,8	—	—	—	2408 ± 81,1	2442 ± 66,1	2700 ± 74,7
<i>A. pensylvanicum</i>	86 ± 2,5	133 ± 8,2	232 ± 12,1	321	444	—	2453 ± 49,6	2593 ± 51,3	2736 ± 65,1
<i>A. rubrum</i>	78 ± 5,2	115 ± 6,7	221 ± 11,4	166 ± 16,5	221 ± 23,4	—	2456 ± 82,7	2610 ± 86,1	2780 ± 69,8
<i>A. rubrum</i> 'Sommer Red'	106 ± 17,1	140 ± 10,5	274 ± 18,3	—	—	—	2612 ± 25,8	2706 ± 13,0	2755 ± 9,6
<i>A. saccharinum</i>	53 ± 7,0	81 ± 10,3	259 ± 19,0	101 ± 14,8	149 ± 16,2	693 ± 47,1	2509 ± 93,0	2717 ± 89,4	2770 ± 96,4
<i>A. saccharum</i>	163 ± 11,3	197 ± 19,9	210 ± 7,5	—	—	—	2537 ± 73,6	2672 ± 70,6	2814 ± 68,4
<i>A. spicatum</i>	97 ± 6,8	126 ± 7,7	197 ± 6,6	499 ± 17,1	723 ± 31,4	2584 ± 100,1	2405 ± 57,3	2642 ± 63,9	2787 ± 60,1
					Выше 5 °С				
<i>A. circinatum</i>	29 ± 4,6	50 ± 5,4	93 ± 6,8	160 ± 14,6	219 ± 17,6	1763 ± 162,0	1606 ± 60,6	1696 ± 41,3	1746 ± 51,3
<i>A. glabrum</i>	4 ± 0,0	19 ± 3,4	44 ± 14,1	—	—	—	1506 ± 93,8	1612 ± 53,7	1701 ± 56,4
<i>A. negundo</i> , ♀	9 ± 1,2	17 ± 2,6	91 ± 9,1	54 ± 6,5	87 ± 3,3	—	1625 ± 81,6	1711 ± 67,6	1731 ± 44,3
<i>A. negundo</i> 'Aureo-variegatum'	12 ± 2,5	23 ± 3,9	45 ± 6,1	—	—	—	1638 ± 60,9	1664 ± 42,7	1731 ± 48,7
<i>A. negundo</i> 'Aureum'	11 ± 1,7	26 ± 5,1	54 ± 5,6	79 ± 16,7	107 ± 13,7	1650 ± 40,5	1638 ± 55,0	1656 ± 46,0	1722 ± 53,4
<i>A. negundo</i> 'Flamingo'	24 ± 6,3	50 ± 5,3	64 ± 8,4	—	—	—	1627 ± 70,8	1632 ± 52,5	1721 ± 46,7
<i>A. pensylvanicum</i>	10 ± 4,7	22 ± 2,5	58 ± 10,2	110	203	—	1618 ± 40,4	1686 ± 43,0	1704 ± 46,0
<i>A. rubrum</i>	10 ± 3,7	21 ± 4,6	73 ± 6,9	33 ± 11,5	56 ± 19,2	—	1657 ± 67,2	1679 ± 40,3	1813 ± 83,8
<i>A. rubrum</i> 'Sommer Red'	16 ± 5,6	24 ± 4,3	85 ± 16,4	—	—	—	1698 ± 22,3	1756 ± 5,8	1760 ± 6,0
<i>A. saccharinum</i>	4 ± 1,1	10 ± 2,2	88 ± 4,3	22 ± 5,1	34 ± 9,4	395 ± 41,7	1677 ± 85,5	1772 ± 89,2	1713 ± 0,0
<i>A. saccharum</i>	38 ± 9,5	56 ± 13,5	67 ± 8,5	—	—	—	1694 ± 70,4	1773 ± 70,4	1809 ± 95,4
<i>A. spicatum</i>	17 ± 4,8	25 ± 6,1	60 ± 6,4	245 ± 10,5	401 ± 24,5	1728 ± 78,5	1626 ± 50,9	1763 ± 63,9	1753 ± 88,5
					Выше 10 °С				
<i>A. circinatum</i>	10 ± 2,1	16 ± 4,7	25 ± 3,6	51 ± 9,7	78 ± 14,7	1222 ± 0,0	932 ± 41,9	930 ± 2,7	—
<i>A. glabrum</i>	—	—	3 ± 0,8	—	—	—	862 ± 53,3	874 ± 17,2	873 ± 0,0
<i>A. negundo</i> , ♀	1 ± 0,0	7 ± 2,7	22 ± 5,1	6 ± 1,1	22 ± 6,8	—	938 ± 71,9	981 ± 61,5	996 ± 0,0
<i>A. negundo</i> 'Aureo-variegatum'	2 ± 1,0	10 ± 3,3	12 ± 2,8	—	—	—	945 ± 50,9	950 ± 40,0	928 ± 55,1
<i>A. negundo</i> 'Aureum'	2 ± 0,8	15 ± 0,7	15 ± 4,7	20 ± 8,7	31 ± 8,8	959 ± 0,0	948 ± 47,8	946 ± 41,5	926 ± 69,7
<i>A. negundo</i> 'Flamingo'	7 ± 3,0	14 ± 3,2	19 ± 5,2	—	—	—	944 ± 59,6	933 ± 45,1	952 ± 44,2
<i>A. pensylvanicum</i>	—	—	6 ± 2,3	45	108	—	907 ± 28,9	932 ± 0,0	—
<i>A. rubrum</i>	1 ± 0,0	10 ± 2,3	23 ± 5,8	32 ± 0,0	21 ± 7,1	—	966 ± 50,8	933 ± 11,8	1222 ± 0,0
<i>A. rubrum</i> 'Sommer Red'	—	—	18 ± 6,2	—	—	—	932 ± 0,0	—	—
<i>A. saccharinum</i>	1 ± 0,0	2 ± 1,7	21 ± 6,9	7 ± 3,4	12 ± 4,5	155 ± 19,3	977 ± 76,9	1222 ± 0,0	—
<i>A. saccharum</i>	21 ± 5,0	19 ± 7,9	24 ± 6,8	—	—	—	949 ± 53,7	1052 ± 90,3	—
<i>A. spicatum</i>	6 ± 1,4	16 ± 2,6	20 ± 6,0	86 ± 10,0	174 ± 17,9	968 ± 134,0	944 ± 39,0	1005 ± 75,0	—

в возрасте 9 лет впервые зацвел *A. rubrum* (в среднем за период наблюдений 28 апреля). В 2019 г. также первый раз цвел *A. pensylvanicum* (9 мая). Начало цветения инвазивного *A. negundo* и его культивара *A. negundo* 'Aureum' приходится на 3–4 мая. В условиях ЮУБСИ с 2015 г. цветет *A. circinatum*. Средняя дата его зацветания 14 мая. Последним цветет *A. spicatum* (24 мая). Не достигли стадии генеративного состояния, не цветут и не плодоносят *A. glabrum*, *A. negundo* 'Aureo-variegatum', *A. negundo* 'Flamingo', *A. rubrum* 'Sommer Red', *A. saccharum*.

Важным показателем для кленов как для медоносных растений является *продолжительность цветения*. У коллекционных экземпляров *A. negundo* и *A. negundo* 'Aureum' она составляет 3–4 дня. Наиболее длительное цветение наблюдалось у *A. spicatum* – 14 дней. Остальные таксоны цветут на протяжении 6 дней. Кроме продолжительности, для пчеловодов также необходим показатель обилия цветения (балл цветения), определяемый по количеству соцветий на растении. На молодых растениях *A. pensylvanicum* были только единичные соцветия. Цветение *A. rubrum* и *A. circinatum* очень слабое, соцветия образуются в небольшом количестве (балл цветения 1). Культивар *A. negundo* 'Aureum' цветет редко, балл цветения 2. Ежегодно и обильно цветет мужской экземпляр *A. negundo* (женские экземпляры в коллекции отсутствуют). У видов *A. saccharinum* и *A. spicatum* обилие цветения варьируется от слабого до очень хорошего (балл цветения 2–5) в зависимости от года.

Плодоношение. Ежегодное обильное плодоношение наблюдается только у двух видов – *A. negundo* (балл плодоношения $3,5 \pm 0,50$) и *A. spicatum* ($3,0 \pm 0,52$). Их плоды созревают 22–24 сентября. Несмотря на обильное цветение *A. saccharinum* не завязывает семена, либо завязывает в очень малом количестве (балл плодоношения $1,5 \pm 0,72$). Исключение составил 2013 год, когда наблюдалось обильное плодоношение (балл 5). Средний срок созревания 31 мая. Очень слабое плодоношение отмечено для *A. negundo* 'Aureum' и *A. circinatum* (балл плодоношения $1,3 \pm 0,33$). Виды *A. pensylvanicum*, *A. rubrum* в рассматриваемый период не плодоносили.

Начало осеннего окрашивания листьев молодых растений *A. glabrum* приходится на ко-

Т а б л и ц а 5
Сумма осадков на начало фенофаз

Таксон	Пч1	Пч2	Пб1	Ц4	Ц5	Пч3	Л4	Л5	Л6
<i>A. circinatum</i>	39 ± 11,5	49 ± 11,0	56 ± 11,6	80 ± 23,5	94 ± 20,3	315 ± 58,5	273 ± 27,4	312 ± 28,7	336 ± 24,6
<i>A. glabrum</i>	34 ± 15,8	41 ± 15,5	60 ± 26,7				266 ± 42,8	289 ± 54,6	341 ± 35,3
<i>A. negundo</i> , ♀	29 ± 7,1	29 ± 8,3	62 ± 14,1	71 ± 39,8	72 ± 39,7		274 ± 31,4	290 ± 30,0	332 ± 23,6
<i>A. negundo</i> 'Aureo-variegatum'	26 ± 6,7	33 ± 9,3	43 ± 11,2				267 ± 26,6	297 ± 30,4	317 ± 26,7
<i>A. negundo</i> 'Aureum'	28 ± 7,1	33 ± 9,3	46 ± 10,9	50 ± 6,3	59 ± 11,0	276 ± 34,9	267 ± 28,5	302 ± 33,9	325 ± 25,7
<i>A. negundo</i> 'Flamingo'	37 ± 10,0	43 ± 12,9	46 ± 10,9				273 ± 32,0	299 ± 34,8	317 ± 28,8
<i>A. pensylvanicum</i>	34 ± 15,8	51 ± 24,1	66 ± 22,0	32	47		278 ± 43,5	317 ± 47,9	342 ± 41,7
<i>A. rubrum</i>	26 ± 6,7	34 ± 8,8	50 ± 10,1	68 ± 43,7	51 ± 20,9		279 ± 31,6	303 ± 29,8	331 ± 23,4
<i>A. rubrum</i> 'Sommer Red'	41 ± 15,2	51 ± 24,1	68 ± 23,2				320 ± 45,2	344 ± 32,1	357 ± 28,4
<i>A. saccharinum</i>	29 ± 9,5	28 ± 8,9	64 ± 16,9	45 ± 17,0	43 ± 11,1	48 ± 4,9	295 ± 39,0	335 ± 35,1	362 ± 37,6
<i>A. saccharum</i>	43 ± 12,7	47 ± 13,0	49 ± 10,5				288 ± 25,9	315 ± 27,1	346 ± 24,5
<i>A. spicatum</i>	27 ± 7,8	36 ± 9,1	47 ± 10,8	33 ± 7,7	112 ± 15,7	294 ± 30,2	262 ± 28,1	303 ± 27,1	348 ± 23,2

нец августа (27 августа). Рано начинают окрашиваться листья и у *A. spicatum* – 2 сентября. Последним вступает в фазу *A. rubrum* ‘Sommer Red’ – 30 сентября. Остальные таксоны начинают менять окраску друг за другом в период с 5 по 18 сентября (см. табл. 3).

Начало листопада (окончание вегетации). Сроки начала листопада существенно отличаются у разных видов и имеют обратную корреляционную связь с фенофазами начала распускания почек и роста побегов [Рязанова, Путенихин, 2012]. У большинства кленов листопад начинается через 12–14 (16) дней после начала появления осенней окраски листьев. Минимальный период отмечается у культиваров *A. negundo* ‘Aureo-variegatum’ и *A. negundo* ‘Aureum’ (8 дней), максимальный у *A. saccharum* и *A. spicatum* (23–25 дней).

Окончание листопада. Вступление в фенофазу у североамериканских кленов растяну-

то на месяц. Листопад завершается в период с 30 сентября (*A. glabrum*) по 27 октября (*A. saccharinum*).

По фенофазам начала осеннего расцветания и окончания листопада рассчитана продолжительность периода осеннего расцветания кленов (табл. 6). Данный показатель очень важен для кленов как декоративных древесных растений в осеннее время. Североамериканские клены обладают более длительным периодом осеннего окрашивания по сравнению с местным видом *Acer platanoides*. Минимальная продолжительность характерна для *A. rubrum* ‘Sommer Red’ (22 ± 9 дней), максимальная – для *A. spicatum* (49 ± 11 дней).

Продолжительность вегетации (табл. 7) североамериканских кленов в зависимости от вида составляет от 143 (*A. negundo* ‘Aureo-variegatum’) до 172 дней (*A. rubrum* ‘Sommer Red’).

Т а б л и ц а 6

Продолжительность периода осеннего окрашивания листвы и продолжительность вегетации североамериканских кленов в Уфе

Таксон	Период осеннего окрашивания, дней	Период вегетации, дней
<i>A. circinatum</i>	40 ± 10	153 ± 15
<i>A. glabrum</i>	30 ± 8	148 ± 15
<i>A. negundo</i> , ♀	30 ± 8	153 ± 12
<i>A. negundo</i> ‘Aureo-variegatum’	34 ± 10	143 ± 11
<i>A. negundo</i> ‘Aureum’	32 ± 11	146 ± 6
<i>A. negundo</i> ‘Flamingo’	35 ± 16	149 ± 14
<i>A. pensylvanicum</i>	34 ± 6	159 ± 10
<i>A. rubrum</i>	35 ± 12	152 ± 16
<i>A. rubrum</i> ‘Sommer Red’	22 ± 9	172 ± 9
<i>A. saccharinum</i>	39 ± 18	167 ± 11
<i>A. saccharum</i>	38 ± 11	161 ± 8
<i>A. spicatum</i>	49 ± 11	157 ± 9

Т а б л и ц а 7

Корреляция фенофаз с климатическими показателями

Температура	Пч1	Пч2	Пб1	Ц4	Ц5	Пл3	Л4	Л5	Л6
Выше 0 °С	0,725	0,703	–	0,918	0,917	0,862	0,680	0,702	0,516
Выше 5 °С	0,573	0,537	0,132	0,861	0,889	0,748	0,501	0,450	0,340
Выше 10 °С	0,499	0,430	0,098	0,701	0,781	0,850	0,392	0,605	0,265
Осадки	–	0,120	–*	0,510	0,509	0,499	0,375	0,331	0,250

П р и м е ч а н и е. Полужирным шрифтом выделены значения средней и высокой силы связи между переменными.

*Корреляции нет.

ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении корреляционного анализа (см. табл. 7) выявлена зависимость прохождения всех фаз сезонного развития североамериканских кленов (кроме начала роста побегов) от суммы температур выше 0 °С (см. табл. 4). Сумма температур выше 5 °С не оказывает влияние на фазы начала и окончания листопада. Фазы начала набухания почек, цветения и плодоношения имеют прямую зависимость от суммы температур выше 10 °С и количества выпавших осадков (см. табл. 4).

Наиболее сильное влияние на начало фенофазы “набухание почек” оказывает сумма температур выше 0 °С. Коэффициент корреляции составляет $r = 0,725$. Набухание почек происходит в зависимости от вида при накоплении суммы положительных температур от 53 до 163 °С (см. табл. 4).

Последовательность вступления кленов в вегетацию сохраняется ежегодно. Сумма положительных температур на начало распускания почек в условиях Южно-Уральского ботанического сада в среднем составляет 81–197 °С, сумма температур выше 5 °С варьируется от 10 до 56 °С (см. табл. 4, 5). Фенофаза распускания почек практически не зависит от суммы температур выше 10 °С и количества выпавших осадков после перехода температуры через порог 0 °С.

На фазы генеративного развития кленов оказывают влияние факторы условий года. Однако в большей степени фазы начала и окончания цветения, созревания плодов зависят от видовых особенностей, т.е. генетически обусловлены. Виды секций, имеющие ареалы распространения на побережьях с теплым муссонным климатом, зацветают позже, поскольку требуют более высокой суммы температур в отличие от видов с континентальным распространением, которые зацветают значительно раньше. Этим объясняется большая разница суммы температур, приходящаяся на начало цветения видов.

Так, среди североамериканских видов первыми зацветают виды секции *Rubra* (сумма положительных температур 101–106 °С), затем с отставанием в 5–6 дней начинают цвести представители секций *Negundo*, *Mas-rantha* и *Palmata* (сумма положительных температур 235–378 °С). Последним начи-

нает цвести представитель секции *Parviflora* – *A. spicatum* (сумма положительных температур 499 °С). Сумма положительных температур составляет 11–497 °С, сумма эффективных температур на начало цветения выше 5 °С – 22–245 °С; выше 10 °С – 6–86 °С, количество осадков 33–80 мм. Для фазы окончания цветения сумма положительных температур составляет 149–723 °С, сумма эффективных температур выше 5 °С – 34–401 °С; выше 10 °С – 12–174 °С, количество осадков 43–112 мм. Количество положительных температур, приходящихся на фенофазу созревания плодов, варьируется от 693 до 2661 °С, температур выше 5 °С – от 395 до 1763 °С, выше 10 °С – от 155 до 1222 °С. Сумма осадков к этому времени составляет от 48 до 315 мм.

Осеннее окрашивание у североамериканских кленов начинается при достижении суммы положительных температур 2271–2612 °С, сумма температур выше 5 °С составляет на этот момент 1506–1698 °С. Температура выше 10 °С и количество осадков имеют очень слабую корреляционную связь с данной фазой сезонного развития ($r = 0,392$ и $r = 0,375$).

Окончание вегетации североамериканских кленов происходит при достижении суммы положительных температур 2442–2717 °С, сумма температур выше 5 °С составляет на этот момент 1612–1773 °С, температур выше 10 °С – 874–1222 °С. Количество осадков имеет очень слабую корреляционную связь с фазой развития ($r = 0,331$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании многолетних данных установлена сумма положительных, эффективных и активных температур, необходимых для наступления основных фенофаз 13 таксонов североамериканских кленов коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Получены новые данные: для фазы начала вегетации необходима сумма положительных температур в среднем 98–197 °С, цветения – 101–499 °С, созревания плодов – 693–2584 °С.

Наступление начальных (разверзание почек и начало роста побегов) и заключительной (листопад) фаз вегетации в значительной степени зависит от метеоусловий конкретного года. Начиная с фенофазы цветения и до конца

вегетации роль генетических особенностей видов существенно возрастает. Поэтому для разных видов североамериканских кленов в условиях г. Уфы необходима кардинально различная сумма положительных температур и осадков на начало таких фенофаз, как цветение и созревание плодов. Сумма положительных температур на начало цветения составляет 101–499 °С, количество осадков 33–80 мм. По окончании цветения сумма положительных температур на начало цветения составляет 149–723 °С, количество осадков 43–112 мм. Количество положительных температур, приходящееся на фенофазу созревания плодов, варьируется от 693 до 2661 °С, сумма осадков к этому времени составляет от 48 до 315 мм.

Североамериканские клены обладают длительным периодом (22–49 дней) осеннего окрашивания листьев. Продолжительность их вегетации в условиях Уфы в зависимости от вида составляет от 143 до 172 дней.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме FMRS-2022-0072 “Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования”.

ЛИТЕРАТУРА

- Аксенова Н. А. Клены. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. 96 с.
- Аношкина Л. В. Сезонные ритмы развития древесных интродуцентов, используемых в озеленении города Братска // Успехи соврем. естествознания. 2019. № 2. С. 17–22.
- Беляева Ю. Е. Интродукция североамериканских древесных растений в средней полосе европейской части СССР: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Главный ботан. сад. М., 1992. 21 с.
- Демидова Н. А., Дуркина Т. М., Гоголева Л. Г., Васильева Н. Н. Представители семейства Сосновые (Pinaceae Lindl.) североамериканской флоры в коллекции дендрологического сада ФБУ “СЕВНИИЛХ” // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 4 (382). С. 36–54.
- Казакова И. С., Репецкая А. И. Определение биологического минимума температуры как индикатора интродукционной перспективности вида (на примере рода *Hosta* Tratt.) // Вестн. Оренбург. гос. пед. ун-та, 2017. № 1 (21). С. 26–33.
- Каталог древесных растений, выращиваемых в питомниках АППМ. М.: АППМ, 2017. 432 с.
- Кираев Р. С., Амиранов Д. В., Леонтьев И. П. Башкортостан: климат, почвы, культуры, сорта. Уфа, 2015. С. 5–47.
- Коляда Н. А. Биологические особенности североамериканских деревьев и кустарников, интродуцированных на юг Приморья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2004. 25 с.
- Коляда Н. А. К уточнению границ вторичных ареалов североамериканских потенциально инвазионных видов древесных растений на юге Дальнего Востока России // Сиб. лесн. журн. 2021. № 1. С. 68–76.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae). М.: Наука, 1973. 284 с.
- Мартынов Л. Г., Смирнова А. Н. Интродукция видов древесных растений Северной Америки в ботаническом саду Института биологии Коми научного центра // Вестн. Ин-та биологии Коми научного центра УО РАН. 2015. № 6 (194). С. 35–40.
- Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М., 1975. 28 с.
- Минин А. А., Ананин А. А., Буйолов Ю. А., Ларин Е. Г., Лебедев П. А., Поликарпова Н. В., Прокошева И. В., Руденко М. И., Сапельникова И. И., Федотова В. Г., Шуйская Е. А., Яковлева М. В., Янцер О. В. Рекомендации по унификации фенологических наблюдений в России // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2020. Т. 5, № 4. С. 89–110. doi: 10.24189/ncr.2020.060
- Полякова Н. В. Продолжительность цветения видов и сортов сирени в г. Уфа // Сам. науч. вестн. 2018. Т. 7. № 1 (22). С. 102–105.
- Растения Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН / Л. М. Абрамова, И. Е. Анищенко, Р. В. Вафин, Я. М. Голованов, О. Ю. Жигунов, А. А. Зарипова, Г. Г. Кашаева, М. В. Лебедева, Н. В. Полякова, А. А. Реут, З. Х. Шигапов; отв. ред. Л. М. Абрамова. Уфа: Мир печати, 2019. 304 с.
- Рязанова Н. А. Коллекция кленов (*Acer* L.) Уфимского ботанического сада // Hortus botanicus. 2017. Т. 12. С. 707–712.
- Рязанова Н. А., Путенихин В. П. Клены в Башкирском Предуралье: биологические особенности в условиях интродукции. Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. 224 с.
- Скворцов И. В., Скокова Г. И. Прохождение фенологических фаз у лещины обыкновенной в зависимости от суммы активных температур // Вестн. Дон. гос. аграр. ун-та, 2017. № 3 (25), ч. 1. С. 39–46.
- Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Уфа (Башкирия, Россия) [Электронный ресурс] <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28722.htm> (дата обращения: 28.02.2022).
- Трулевич Н. В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений. М.: Наука, 1991. 214 с.
- Ушаков М. В., Недосекина Т. В. Метод оценки температурных норм развития по данным фенологических наблюдений в природе // Экология. 2017. № 5. С. 331–338.
- Ясинская О. И., Костина М. В., Барабанщикова Н. С. К вопросу о рациональном использовании клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в озеленении Москвы // Соц.-экол. технологии. 2020. Т. 10, № 3. С. 351–370.
- Au T. F., Maxwell J. T., Novik K. A., Robson S. M., Warner S. M., Lockwood B. R., Phillips R., Harley G. L., TV F. V., Terrell M. D., Pederson N. Demographic shifts in the eastern forests of the United States strengthen the effect of drought late season on the growth of forests // Ecography. 2020. Vol. 43 (10). P. 1475–1486.
- Gelderen D. M. van Jong de P. C., Oterdoom H. J. Maples of the World. Portland: Timber Press, 1994. 458 p.

Montteuro M. V., Levantsi T., Doyka K. J. The growth rate of ordinary urban trees in five cities of Great Britain: Dendrochronological assessment with an emphasis on climate influence // City Forestry and Gardening Cities. 2017. N 22. P. 11–23.

Oladi R., Elzami E., Pourtahmasi K., Breigning A. Weather factors controlling the growth of Eastern Beech are on the rotation during the growing season // Eur. J. Forest Res. 2017. Vol. 136. P. 345–356.

The Plant List [Electronic resource]. <http://www.the-plantlist.org/> (дата обращения: 28.02.2022).

Dependence of phenorhythms of North American maples on meteorological parameters in the Southern Urals (Ufa)

N. A. RYAZANOVA, N. V. POLYAKOVA, Z. Kh. SHIGAPOV

*South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural subdivision
of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
450080, Ufa, Mendeleev str., 195, bldg. 3
E-mail: botsad@anrb.ru*

An analysis of the phenological development of 13 taxa of North American maples for 2013–2020 was carried out. on the basis of the collection of the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. The sum of positive, effective and active temperatures, as well as the sum of precipitation required for the onset of the main phenophases, has been established. Most phenophases depend on weather conditions, except for the phases of the beginning and end of flowering, fruit ripening – they are genetically determined. This explains the large difference in the sum of temperatures and precipitation at the beginning of these phases in different species. The sum of positive temperatures at the beginning of flowering is 11–497 °C, the amount of precipitation is 33–80 mm. At the end of flowering, the sum of positive temperatures at the beginning of flowering is 149–722 °C, the amount of precipitation is 43–112 mm. The number of positive temperatures attributable to the phenophase of fruit ripening varies from 693 to 2662 °C, the amount of precipitation by this time is from 47.5 to 315 mm. The duration of vegetation of North American maples in Ufa, depending on the species, ranges from 140 (*A. tschonoskii*) to 172 days (*A. rubrum* ‘Sommer Red’).

Key words: *Acer* L., sum of temperatures, phenology, vegetation, Ufa.