

УДК 595.768.23:57.045:551.506.8

ФЕНОЛОГИЯ ЯБЛОННОГО ЦВЕТОЕДА, *ANTHONOMUS POMORUM* (L.) (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE), НА ЯБЛОНЕ В МОСКВЕ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

© 2022 г. С. Я. Попов,* С. В. Дмитриева**

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева
Тимирязевская ул., 49, Москва, 127550 Россия

*e-mail: sergei_ya_popov@mail.ru, **e-mail: s.v.dmitriyeva@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.04.2022 г.

После доработки 19.11.2022 г.

Принята к печати 24.11.2022 г.

Приведены результаты наблюдений в течение 4 последовательных лет (2016–2019 гг.) за развитием преимагинальных стадий яблонного цветоеда (*Anthonomus pomorum* (L.), Coleoptera: Curculionidae) в Москве на сорте яблони старорусской селекции Антоновка. Проводили наблюдения и брали пробы заселенных цветоедом бутонов в течение всего цикла его развития каждые 3–6 сут. Описана фенология развития долгоносика на яблоне от срока выхода перезимовавших жуков до появления первых особей имаго нового поколения и до их массового выхода из бутонов-убежищ. В связи со значимым глобальным потеплением климата за 22 года, предшествовавшие 2019 г., сроки прохождения стадий развития яблонного цветоеда заметно сократились. В частности, длительность преимагинального развития яблонного цветоеда (от откладки первых яиц до появления первых особей имаго и от массового появления яиц до массового появления имаго в поврежденных бутонах) составила в Москве в среднем 26 сут, а длительность развития, включая период пребывания имаго в бутоне – 27 сут, при этом среднепериодные температуры воздуха на протяжении всего развития особей были в пределах 14.5–14.8 °С. Это меньше продолжительности преимагинального развития долгоносика в Москве в 1979–1982 гг. и во Владикавказе (Северная Осетия) в середине 1920 гг. Коэффициент корреляции между длительностью развития яблонного цветоеда от яйца до выхода первых жуков из бутонов-убежищ и двумя показателями теплоресурсов – среднепериодной температурой воздуха и суммой эффективных температур (выше нижнего порога развития 6 °С) – оказался высоким, составив –0.997 и –0.852 соответственно; до массового выхода жуков – соответственно –0.971 и –0.899. Судя по коэффициенту корреляции, оба указанных показателя, характеризующие теплоресурсы, могут использоваться для оценки длительности развития яблонного цветоеда, однако в период дополнительного питания и откладки яиц целесообразнее пользоваться показателем среднепериодных температур. Учет изменившихся сроков развития отдельных стадий яблонного цветоеда позволит точнее прогнозировать фенологию его развития, а также повысить эффективность применения специфических инсектицидов и энтомопатогенов, выпусков энтомофагов.

Ключевые слова: яблонный цветоед, *Anthonomus pomorum*, фенология популяций, яблоня, глобальное потепление.

DOI: 10.31857/S0367144522040013, **EDN:** NJIPOO

Фенологии насекомых уделяли большое внимание первые зарубежные и отечественные исследователи популяционной фенологии и экологии (Bodenheimer, 1926; Мончадский, 1949; Добровольский, 1969; Яхонтов, 1969). По данным Всемирной метеорологической организации на 2019 г., в истории наблюдений, ведущихся с 1850 г., наиболее теплый период приходится на последние 22 года, из них 2015–2018 гг. по показателям опережают все остальные (см.: Глобальное потепление – Википедия (wikipedia.org)). Устойчивое потепление климата обусловило рост сумм активных температур, из-за которого значительно изменились сроки выхода насекомых из зимовки, сроки их миграций и заселения агробиоценозов; ускорилось прохождение стадий развития как растений-хозяев, так и фитофагов (Zhou et al., 1995; Мусолин, Саулич, 2014; Кошкин и др., 2021; Menzel, Feldmeyer, 2021).

В связи с этим необходимо изучить новые сроки наступления важнейших явлений в жизни насекомых-фитофагов. Сказанное в полной мере относится к яблонному цветоеду (*Anthonomus pomorum* (L.)), Coleoptera: Curculionidae), важнейшему вредителю яблони и груши в Центральном регионе России (Третьяков, 1983, 2007; Попов, Дмитриева, 2020). Размещая по одному яйцу в бутоны, самка долгоносика может обречь на повреждение личинками 50–60 бутонов, из которых в лучшем случае разовьются 1 или 2 уродливых небольших плода, а остальные погибнут. Перезимовав на стадии имаго, весной цветоед реагирует на первые незначительные потепления, начиная питаться на почках, а потом на формирующихся листьях и бутонах. Ограничение вредности этого фитофага очень сложно. С взрослыми жуками трудно бороться даже с помощью инсектицидов, поскольку насекомые обладают специфической поведенческой реакцией – танатозом, т. е. способностью при опасности поджимать ноги и падать с растения в подстилку, избегая поражения инсектицидами (Дмитриева, Попов, 2019). Все преимагинальные стадии этого насекомого проходят в защищенном микроместообитании – бутоне растения, который преобразуется в склеенный купол из лепестков и выгрызенную камеру в цветоложе. Тем не менее, все стадии подвержены воздействию энтомофагов и энтомопатогенов (Попов, Дмитриева, 2020).

К характерным особенностям яблонного цветоеда относят высокую скорость развития как половых продуктов у перезимовавших жуков, так и особой преимагинальных стадий при достаточно низких весенних температурах. Это позволяет долгоносику эффективно использовать тепло окружающего воздуха для ускорения развития.

Важно знать сроки выхода перезимовавших жуков яблонного цветоеда на растения, поскольку именно весной, до распускания бутонов, они в период дополнительного питания живут открыто и, следовательно, доступны для поражения инсектицидами (Дмитриева, Попов, 2019). Не менее важно иметь точную информацию и о развитии преимагинальных стадий при разных показателях теплоресурсов.

С развитием новых технологий защиты растений станет возможным размножить хищников или паразитоидов на искусственных питательных средах и приурочивать их выпуск к определенным стадиям развития хозяина. Это же касается энтомопатогенных нематод штейнернематид (сем. Steinernematidae) и их симбиотических бактерий (*Xenorhabdus*), среди которых в зависимости от прогнозируемой температуры

окружающей среды и стадии развития объекта подбираются те или иные экотипы (Данилов, Павлюшин, 2015).

В этой статье на основе материалов наблюдений в течение 4 последовательных лет в двух садах на территории Москвы приводятся данные о фенологии яблонного цветоеда и показателях теплоресурсов, влияющих на его развитие: среднепериодных температурах и суммах эффективных температур.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Наблюдения за фенологией яблонного цветоеда проводили в Тимирязевском р-не Москвы: на опытном участке лаборатории защиты растений Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К. А. Тимирязева (РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева) и на окраине парка «Дубки» в 2016–2019 гг. В обоих ценозах произрастали яблони сорта старой русской селекции Антоновка: на первом участке – возрастом 20 лет, на втором – около 60 лет. Температурные и иные показатели были нам предоставлены близлежащей университетской метеорологической обсерваторией им. В. А. Михельсона, за что мы благодарны ее сотрудникам. По весне, в апреле, проводили маршрутные обследования садов, чтобы зафиксировать первое и массовое появление на яблоне перезимовавших жуков яблонного цветоеда, начало и массовую откладку ими яиц и последующие явления в развитии насекомого вплоть до покидания жуками нового поколения бутонов-убежищ.

С периодичностью 3–6 дней отбирали пробы бутонов и немедленно помещали их в холодильник с температурой +4 °С для предотвращения дальнейшего развития насекомого. Бутоны вскрывались под бинокулярным микроскопом (8×), последовательно фиксировались особи всех стадий развития насекомого.

Пробы включали от 50 до 200 бутонов, в среднем 120 бутонов (Попов, 1983, 2017). Всего в 2016 г. было отобрано и исследовано с экспериментального участка лаборатории защиты растений 642 бутона, из парка «Дубки» – 666 бутонов; в 2017 г. – 640 и 288, в 2018 г. – 233 и 249, в 2019 г. – 474 и 285 бутонов соответственно.

Характеристика погодных условий в период дополнительного питания, откладки яиц и преимагинального развития яблонного цветоеда (апрель–июль) в 2016–2019 гг. в сравнении с многолетними данными представлена на рис. 1.

Погода 2016 г. в период исследования была более теплой и сухой по сравнению со средними многолетними данными. В частности, среднемесячная температура превышала норму: в апреле на 2.4, в мае – на 1.8, в июне – на 1.4 °С. Сумма осадков в апреле оказалась на 12 мм меньше среднемноголетней, в мае – близкой к норме, но в июне – на 25.3 мм ниже нормы.

Температура воздуха 2017 г. в апреле оказалась близкой к норме, а в мае–июне – ниже обычной на 2.2 и 2.5 °С соответственно. Май и июнь характеризовались частыми ливневыми дождями, сумма осадков в течение всего указанного периода превышала норму на 25.4–38.2 мм.

Погодные условия в те же месяцы 2018 г. заметно отличались от средних многолетних данных. Среднемесячная температура апреля на 2.1, мая – на 3 °С превышала норму, в июне была близка к норме. Сумма осадков в апреле–июне была меньше многолетних средних данных соответственно на 6.3, 9.2 и 22.7 мм.

В апреле–июне 2019 г. показатели погодных условий также резко отличались от средних многолетних данных; среднемесячная температура апреля превышала их значения на 2.4, мая – на 3.1, июня – на 1.1 °С. Сумма осадков в мае превышала норму на 5.3 мм, тогда как сумма осадков в апреле и июне была ниже нормы соответственно на 36.4 и 22.4 мм.

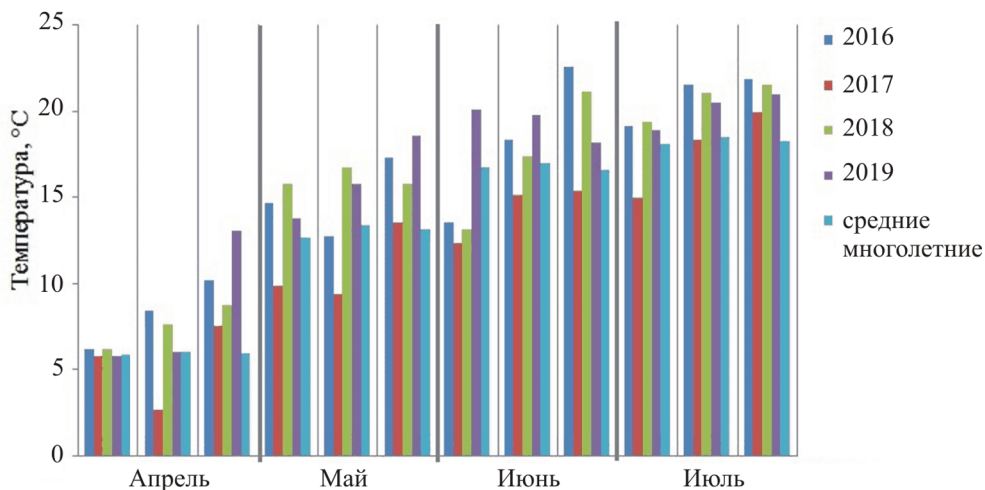


Рис. 1. Среднедекадные температуры воздуха в Москве в 2016–2019 гг. в первой половине вегетационных сезонов в сравнении со среднемноголетними показателями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение нижнего порога развития яблонного цветоеда

Для борьбы с вредителями необходимо знать не только особенности их годового цикла, но и календарные даты появления и развития отдельных фаз, связь этих дат со сроками наступления других природных явлений, в том числе цветения и плодоношения растений, устойчивого понижения или повышения температуры, выпадения осадков и др. Не менее важно определить нижний порог развития (НПР) насекомого. Как явствует из наблюдений белорусских исследователей Т. Г. Иоаннисиани и Н. К. Лавровой (Иоаннисиани, Лаврова, 1967), а также Р. В. Супрановича с соавт. (Супранович и др., 2006), этот показатель у белорусских популяций яблонного цветоеда соответствует 5–6 °С. Согласно данным П. А. Попова (1962), в Болгарии при температурах ниже 12 °С цветоед не откладывает яйца. По данным Н. Н. Третьякова (2007), в Москве откладка яиц не наблюдалась в дни с температурой ниже 10 °С. Наши наблюдения показали, что жуки активны при срочных температурах 9–11 °С. Мы предполагаем, что при этих температурах могут развиваться половые продукты, формироваться яйца и протекать развитие преимагинальных стадий этого вида.

Для уточнения нижнего порога развития яблонного цветоеда нами был избран метод сопоставления среднесуточных температур с максимальными (Попов, 2003, 2017): из температурных показателей 4 сезонов мы сделали выборку среднесуточных температур на 1.3 °С выше и ниже 6 °С – значения, предварительно принятого за нижний порог развития (см. табл. 1). Эти пределы температур были предварительно ранжированы по соответствию срочных (дневных максимальных) и среднесуточных температур (см. Попов, 2003).

Таблица 1. Соответствие среднесуточной температуры максимальной и минимальной температурам (°C). Москва, РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева (выборка в диапазоне температур от 4.7 до 7.3 °C)

Год	Месяц	Среднесуточная температура	Максимальная температура	Минимальная температура	
2016	Апрель	4.8	11.4	-2.5	
		6.3	8.6	4.5	
		6.9	14.3	-1.2	
		5.7	8.9	0.2	
		4.7	9.7	2.1	
		5.7	10.0	1.0	
		Среднее ± SE	5.7 ± 0.9	10.5 ± 1.9	0.7 ± 2.3
2017	Апрель	6.8	12.6	2.5	
		4.9	8.2	4.5	
		7.0	9.9	3.2	
		5.5	10.9	2.7	
		5.2	8.3	-2.4	
		5.6	9.8	3.1	
		5.6	12.0	-1.2	
5.1	8.3	3.2			
4.9	7.0	2.6			
Среднее ± SE	5.6 ± 0.8	9.7 ± 1.8	2.0 ± 2.1		
2018	Апрель	5.0	9.9	2.3	
		6.3	11.8	-0.9	
		5.3	10.7	-1.6	
		6.5	12.8	-1.6	
		6.1	12.9	-2.7	
		Среднее ± SE	5.9 ± 0.7	11.6 ± 1.2	-0.9 ± 1.7
		2019	Апрель	4.8	10.7
6.8	11.1			2.8	
5.8	11.4			-0.8	
5.8	13.0			0.6	
6.8	11.6			2.4	
6.1	10.9			0.2	
Среднее ± SE	6.0 ± 0.7			11.45 ± 0.75	0.5 ± 1.6
Среднее по всему массиву данных	5.7 ± 0.7	10.7 ± 1.7			
Кoeffициент корреляции (R ²)		0.54192			

Примечание. SE здесь и далее – ошибка средней.

Оказалось, что среднесуточной температуре 5.7 ± 0.7 °С соответствует средняя максимальная температура, равная 10.7 ± 1.7 °С ($N = 26$). Коэффициент корреляции (R^2) между двумя приведенными показателями невысок: -0.54192 (табл. 1), что отмечено и в исследовании С. Я. Попова (2003) по паутиным клещам на землянике в Московской обл. Однако при указанной максимальной температуре мы находили вышедших из диапаузы жуков яблонного цветоеда на плодовых деревьях; это позволяет принять данное значение в качестве нижнего порога активности и развития насекомого, как делали и другие авторы (Попов, 1962; Иоаннисиани, Лаврова, 1967; Супранович и др., 2006; Третьяков, 2007). Таким образом, вполне допустимо для нижнего порога развития яблонного цветоеда избрать значение среднесуточной температуры в 6 °С.

Белорусские исследователи Р. В. Супранович с соавт. обнаружили строгую зависимость продолжительности развития яиц яблонного цветоеда от максимальной температуры воздуха и на этой основе предложили схему «фенологического прогноза развития» вредителя (Супранович и др., 1999, 2006).

Фенология развития популяций яблонного цветоеда в Москве

Реактивация первых перезимовавших жуков яблонного цветоеда по наблюдениям за 4 последовательных года в Москве отмечена в конце первой декады апреля. В это время в разные годы среднепериодные температуры составляли 9 °С, а дневные температуры достигали 6.5–12.5 °С. Массовое появление на яблоне перезимовавших особей зафиксировано в период со второй или третьей декады апреля по первую декаду мая, когда среднепериодные температуры увеличились до 11 °С (табл. 2).

Первые яйцекладки в бутонах появились в первой пятидневке мая, а массовыми на фоне среднепериодных температур воздуха, близких к 12.5 °С, яйцекладки стали преимущественно во второй пятидневке мая, однако при более низких температурах они отмечены и в середине мая (табл. 2 и 3).

В табл. 2 показаны даты по длительности развития отдельных стадий яблонного цветоеда с указанием среднепериодных температур во время развития, в табл. 3 приведены данные по срокам появления стадий развития в среднем с указанием сумм эффективных температур ($\sum t_{\text{эф}}$).

Первые личинки яблонного цветоеда появились во второй пятидневке мая, длительность их развития на 1-м возрасте на фоне среднепериодных температур 14.5 °С составила 2 сут, массовое появление началось на 3 дня позже при той же среднепериодной температуре, оно длилось в среднем 1 сут (см. табл. 2).

Первые личинки 2-го возраста зафиксированы в среднем 8 мая, массовое появление отмечено на 2 сут позже. Длительность развития первых появившихся личинок 2-го возраста на фоне 14.7 ± 3.2 °С составила 2 сут, длительность развития массового количества личинок того же возраста на фоне 15.3 ± 2.3 °С – также 2 сут.

Появление первых личинок 3-го возраста, наиболее вредоносных, зарегистрировано в среднем 10 мая, массовое их появление – также на 2 сут позже. Первые личинки этого возраста развивались 8 сут на фоне среднесуточных температур 15.2 ± 2.2 °С, развитие личинок в массовом количестве потребовало 11 сут на фоне 14.9 ± 1.1 °С.

Таблица 2. Сроки развития разных стадий яблонного цветоеда *Anthonomus pomorum* (L.) на яблоне на фоне среднeperиодных температур (в скобках) в Москве в 2016–2019 гг.

Год	Дополнительное питание		Развитие										Полное развитие от яйца до выхода имаго из бутона	
			Яйцо		Личинка						Куколка			
					I возраст		II возраст		III возраст					
			Первые особи	В массе	Первые	В массе	Первые	В массе	Первые	В массе	Первые	В массе		
2016	9–30.IV (9.5)	13.IV–2.V (9.9)	30.IV– 5.V (13.3)	2–6.V (13.6)	5–7.V (15.0)	6–8.V (15.9)	7–8.V (16.2)	8–9.V (17.7)	8–15.V (14.1)	9–19.V (13.2)	15–26.V (13.6)	19–29.V (16.3)	30.IV– 28.V (14.4)	2–31.V (15.1)
2017	10.IV– 4.V (6.8)	27.IV–7.V (12.7)	4–13.V (6.0)	7–15.V (5.4)	13–15.V (9.8)	15–18.V (9.6)	15–18.V (9.6)	18–21.V (14.2)	18–28.V (13.6)	21.V– 4.VI (12.4)	28.V– 11.VI (13.1)	4–13.VI (15.1)	4.V– 14.VI (11.4)	7.V–16. VI (11.5)
2018	9.IV–1.V (9.4)	15.IV–1.V (10.8)	1–3.V (19.3)	2–8.V (16.3)	3–6.V (15.8)	8–9.V (14.5)	6–7.V (15.0)	9–11.V (12.6)	7–16.V (16.2)	11–28.V (17.7)	16–22.V (15.6)	18–27.V (15.3)	1.V–26.V (16.3)	2–9.V (16.1)
2019	9.IV–2.V (9.5)	21.IV–4.V (11.9)	2–5.V (11.4)	4–6.V (15.2)	5–6.V (17.5)	6–7.V (18.1)	6–7.V (18.1)	7–10.V (16.7)	7–15.V (16.9)	10–22.V (16.3)	15–24.V (15.7)	22–26.V (16.1)	2–26.V (15.8)	4–26.V (16.5)
Средние сроки	9.IV–2.V	19.IV–5.V	2–6.V	5–9.V	6–8.V	9–10.V	8–10.V	10–12.V	10–18.V	12–23.V	18–28.V	23–31.V	2–29.V	5.V–1.VI
Средняя средне- период- ная темпе- ратура	8.8 ± 1.2	11.3 ± 1.1	12.5 ± 4.8	12.6 ± 4.3	14.5 ± 2.9	14.5 ± 3.1	14.7 ± 3.2	15.3 ± 2.3	15.2 ± 2.2	14.9 ± 1.1	14.5 ± 0.5	15.7 ± 0.5	14.5 ± 1.9	14.8 ± 2.0

Таблица 3. Сроки (число, месяц) начала разных стадий развития яблонного цветоседа *Anthonomus pomorum* (L.) на яблоне в Москве и суммы эффективных температур ($\Sigma t^{\circ}\text{C}_{\text{эф}}$) в эти периоды в 2016–2019 гг.

Год	Реактивация перезимовавших жуков		Появление яиц		Появление личинок			Появление куколок		Появление летних имаго в бутонах		Выход жуков из бутонов				
	Первое появление	Массовый выход	Первые	Массовое	II возраст		III возраст		Первые	Массовое	Первое	Массовое	Первые	Массовый		
					I возраст	Первые	Массовое	Первые							Массовое	
2016	9.IV (9.5)	13.IV (22.7)	30.IV (87.3)	2.V (101.8)	5.V (123.8)	6.V (132.0)	7.V (140.2)	8.V (149.9)	9.V (160.1)	15.V (203.8)	19.V (231.4)	26.V (289.6)	29.V (334.2)	28.V (317.2)	31.V (362.9)	
2017	10.IV (12.5)	27.IV (22.4)	4.V (81.5)	7.V (90.1)	13.V (91.6)	15.V (99.2)	1 99.2	18.V (110.1)	21.V (134.6)	28.V (186.4)	4.VI (228.8)	11.VI (286.5)	13.VI (306.6)	14.VI (313.4)	16.VI (320.9)	
2018	9.IV (8.6)	15.IV (20.8)	1.V (93.0)	2.V (106.9)	3.V (119.5)	8.V (168.9)	6.V (149.0)	9.V (177.4)	11.V (188.2)	16.V (249.5)	18.V (277.1)	22.V (307.2)	27.V (360.7)	24.V (328.6)	29.V (377.3)	
2019	9.IV (7.4)	21.IV (24.4)	2.V (95.8)	4.V (105.2)	5.V (112.0)	6.V (123.5)	6.V (123.5)	7.V (135.6)	10.V (167.6)	15.V (211.8)	22.V (291.5)	24.V (309.9)	26.V (331.7)	26.V (331.7)	28.V (355.7)	
Средняя дата \pm SE	9.IV \pm 0.5	19.IV \pm 5.2	2.V \pm 2.5	5.V \pm 4.9	6.V \pm 3.8	9.V \pm 3.5	8.V \pm 3.7	10.V \pm 4.4	10.V \pm 4.5	12.V \pm 4.9	18.V \pm 5.6	23.V \pm 6.6	28.V \pm 7.9	31.V \pm 7.2	29.V \pm 8.3	1.VI \pm 7.7
$\Sigma t^{\circ}\text{C}_{\text{эф}}$ (средняя \pm SE)	9.4 \pm 1.9	22.6 \pm 1.3	91.6 \pm 3.2	102.2 \pm 4.7	111.7 \pm 12.4	130.9 \pm 25.0	127.9 \pm 19.0	141.1 \pm 21.5	138.4 \pm 18.2	159.9 \pm 15.8	212.9 \pm 23.1	257.2 \pm 27.6	298.3 \pm 10.4	333.3 \pm 19.2	322.7 \pm 7.6	354.2 \pm 20.7

Первые куколки цветоеда зарегистрированы 18 мая, их развитие на фоне 14.5 ± 0.5 °C продолжалось 10 сут, появление куколок в массовом количестве отмечено на 5 сут позже, их развитие на фоне 14.9 ± 1.1 °C длилось 11 сут (см. табл. 2).

Преимагинальное развитие первых появившихся особей яблонного цветоеда, длившееся 26 сут на фоне среднепериодных температур 14.5 ± 0.5 °C, завершилось 28 мая; окончание преимагинального развития массового количества особей, длившееся такое же время при среднепериодных температурах 15.7 ± 0.5 °C, пришлось на 31 мая.

Окончание пигментации покровов первых жуков нового поколения и, соответственно, покидание ими бутонов-убежищ отмечены нами в среднем в последних числах мая (29.V). По завершении пигментации покровов жуки выгрызали отверстие в мягком бутоне и покидали его. Массовым выход жуков был в начале июня (1.VI) на близком к предыдущему температурном фоне. Общая длительность развития первых особей и массового количества особей яблонного цветоеда за время от откладки яиц до полного формирования жуков на фоне среднепериодных температур $14.5\text{--}14.8$ °C оказалась одинаковой и составила в среднем 27 сут.

Таким образом, по наблюдениям за 4 последовательных года, жуки нового поколения яблонного цветоеда в Москве появляются в последних числах мая – первую неделю июня. В холодный сезон 2017 г. появление взрослых особей зафиксировано нами в середине июня.

На рис. 2 показана зависимость длительности развития первых особей (1, 3, 5, 7) и особей в массовом количестве (2, 4, 6, 8) основных стадий развития яблонного цветоеда от среднепериодных температур. Там же приведены уравнения развития.

Наиболее тесные связи отмечены на стадии отрождения имаго: коэффициент корреляции (R^2) длительности развития первых особей равен -0.976 , а длительности развития большей части жуков – -0.968 . Несколько меньшим коэффициент корреляции длительности развития был для первых куколок – -0.786 , и намного меньшим – для массового появления куколок (-0.4789). Для особей в фазе яйца эти показатели оказались близкими к значениям для куколок: -0.7543 и -0.4789 соответственно. Однако коэффициенты корреляции между длительностью развития личинок и среднепериодными температурами не превышали -0.4412 для первых особей и -0.4485 для массового появления особей. Это связано со значительной продолжительностью периода откладки яиц и вследствие этого с развитием личинок при разных температурах; фаза личинок – наиболее длительная в развитии и поэтому подвержена воздействию более контрастных условий.

Согласно нашим наблюдениям, после развития личинок яблонного цветоеда 2-го возраста повреждение плода становится катастрофичным, превращающим его в падалицу, и только отдельные плоды могут справиться с повреждением личинкой 3-го возраста, но при этом выглядят уродливыми, а по объему соответствуют грецкому ореху.

Среди фенологических показателей развития таких пойкилотермных животных, как насекомые, большое внимание уделяется сумме эффективных температур. Зависимость фенологии разных возрастных стадий яблонного цветоеда от значения суммы эффективных температур приведена в табл. 3.

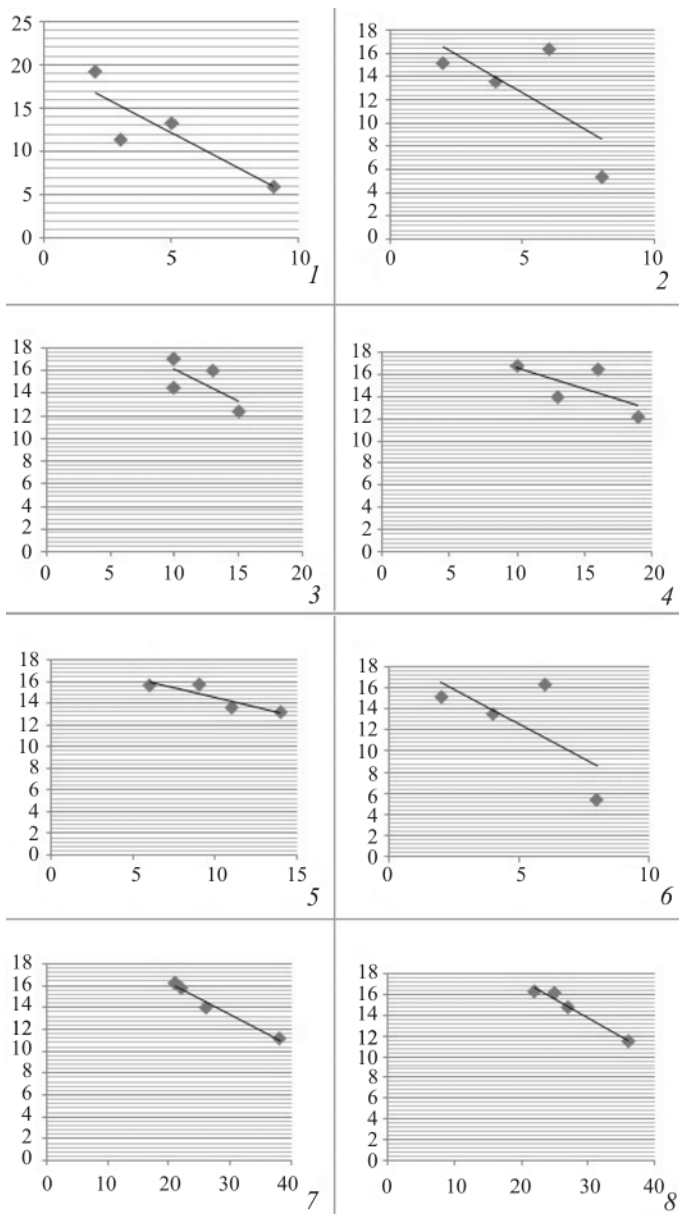


Рис. 2. Зависимость длительности развития яблонного цветоеда *Anthonomus pomorum* (L.) от среднепериодных температур.

1, 3, 5, 7 – длительность развития первых особей; 2, 4, 6, 8 – длительность развития особей в массовом количестве.

Уравнения скорости развития: (1) $y = -1.537x + 19.78$, $R^2 = 0.754$; (2) $y = -1.323x + 19.22$, $R^2 = 0.478$; (3) $y = -0.557x + 21.216$, $R^2 = 0.441$; (4) $y = -0.378x + 20.36$, $R^2 = 0.448$; (5) $y = -0.353x + 18.04$, $R^2 = 0.786$; (6) $y = -1.323x + 19.22$, $R^2 = 0.478$; (7) $y = -0.291x + 22.04$, $R^2 = 0.976$; (8) $y = -0.365x + 24.72$, $R^2 = 0.968$.

По горизонтальной оси – длительность развития (сут), по вертикальной оси – среднепериодная температура (°C).

Как уже отмечалось, первые особи перезимовавших популяций яблонного цветоеда в Москве зафиксированы в конце первой декады апреля, когда сумма эффективных температур ($\sum t \text{ } ^\circ\text{C}_{\text{эф.}}$) при НПП, равном $6 \text{ } ^\circ\text{C}$, в среднем достигала всего $9.4 \pm 1.9 \text{ } ^\circ\text{C}$ (указаны среднее значение и ошибка средней SE); в 2019 г. она оказалась еще меньше – $7.4 \text{ } ^\circ\text{C}$ (см. табл. 3).

Массовая реактивация жуков произошла в конце второй декады апреля при средней сумме эффективных температур $22.6 \pm 1.3 \text{ } ^\circ\text{C}$. Отметим, что невысокие значения суммы эффективных температур даже в диапазоне сравнительно низких среднесуточных температур свидетельствуют о большой чувствительности перезимовавших насекомых к теплоресурсам и к большой зависимости от них. Откладка первых яиц в среднем за годы наблюдений зафиксирована через 23 сут после реактивации первых жуков – в начале мая при сумме эффективных температур $91.6 \pm 3.2 \text{ } ^\circ\text{C}$, в массе – соответственно через 16 сут при сумме эффективных температур $102.2 \pm 4.7 \text{ } ^\circ\text{C}$. Отрождение первых личинок яблонного цветоеда зарегистрировано нами через 4 сут после откладки первых яиц $6.V \pm 3.8$ сут при сумме эффективных температур $111.7 \pm 12.4 \text{ } ^\circ\text{C}$, отрождение в массовом количестве – также через 4 сут при сумме эффективных температур $130.9 \pm 25.0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Появление первых личинок 2-го возраста яблонного цветоеда пришлось на 8 мая ± 3.7 сут при сумме эффективных температур $127.9 \pm 19.0 \text{ } ^\circ\text{C}$, появление в массовом количестве – через 2 сут после этого при сумме эффективных температур $141.1 \pm 21.5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Появление следующего, 3-го возраста первых личинок яблонного цветоеда отмечено $10.V \pm 4.5$ сут при сумме эффективных температур $138.4 \pm 18.2 \text{ } ^\circ\text{C}$, а массовой его численности – $12.V \pm 4.9$ сут при достижении суммы эффективных температур $160 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Первые куколки были отмечены через 16 сут развития от яиц $18.V \pm 5.6$ сут, при этом сумма эффективных температур составила $213 \text{ } ^\circ\text{C}$, а массовое появление куколок зафиксировано соответственно через 18 ± 6.6 сут ($23.V$) при сумме эффективных температур $257.2 \pm 27.6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Первые имаго нового поколения отродились в бутонах и появились в массовом количестве через 26 сут после откладки первых яиц; первые появились $28.V \pm 7.9$ сут при сумме эффективных температур $298.3 \pm 10.4 \text{ } ^\circ\text{C}$, в массе имаго появились $31.V \pm 7.2$ сут при сумме эффективных температур $333.3 \pm 19.2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Еще 1 день после этого потребовался на пигментацию молодых жуков и их выход из бутонов, который происходил по достижении суммы эффективных температур $322.7 \pm 7.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ для первых особей и $354.2 \pm 20.7 \text{ } ^\circ\text{C}$ для появления основной массы жуков.

Отметим, что требуемые для развития первых особей и основной массы особей теплоресурсы, измеряемые среднепериодными температурами, в конце периода развития насекомого сильно сблизились (см. табл. 2).

В табл. 4 приведены корреляционные связи между длительностью развития первых особей и основной массы особей разных стадий развития яблонного цветоеда, с одной стороны, и показателями среднепериодных температур и суммы эффективных температур, с другой. Ранее в подобном исследовании С. Я. Попова (2003) по фенологии паутинных клещей на земляничных плантациях первый из двух показателей более тесно коррелировал с длительностью развития.

Согласно данным табл. 4, при низких весенних температурах, в пределах которых протекали дополнительное питание перезимовавших жуков яблонного цветоеда и от-

Таблица 4. Коэффициент корреляции между длительностью развития яблонного цветоеда *Anthonomus pomorum* (L.) (сут) и показателями теплоресурсов: среднeperиодной температурой воздуха и суммой эффективных температур ($\sum t^{\circ}C_{эф.}$)

Показатель теплоресурсов	Длительность развития стадий															
	Яйцо		Личинка						Куколка		От яиц до имаго в бутонах		От яиц до выхода жуков из бутонов			
			1 возраста		2 возраста		3 возраста								Без учета возрастов	
	Первые	В массе	Первые	Масовый выход	Первые	Масовый выход	Первые	Масовый выход	Первые	Масовый выход	Первые	Масовый выход				
Среднеперiodная температура, °C	-0.868	-0.692	-0.205	-0.816	-0.938	-0.18	-0.16	-0.736	-0.664	-0.67	-0.887	-0.268	-0.988	-0.984	-0.997	-0.971
$\sum t^{\circ}C_{эф.}$	-0.297	+0.667	-0.787	-0.162	-0.706	-0.391	-0.789	-0.634	-0.799	-0.566	-0.6	-0.561	-0.831	-0.728	-0.852	-0.899

кладка яиц (всех категорий), для оценки длительности развития долгоносика целесообразно руководствоваться показателем среднепериодных температур, но не показателем суммы эффективных температур. В период развития 3 возрастов личинок для показателей, относящихся к срокам развития первых особей, более тесные связи с теплоресурсами обнаруживаются при использовании суммы эффективных температур. Для личинок 3-го возраста оба показателя теплообеспеченности сроков развития основной массы особей почти равноценны, для личинок же первых двух возрастов они либо контрастны, либо показывают слабую связь с длительностью развития. Однако при сопоставлении общей (для всех возрастов) продолжительности развития личинок с теплоресурсами оба показателя – и среднепериодные температуры, и сумма эффективных температур – имеют близкие и тесные связи как для первых особей, так и для их массы.

Длительность развития куколок имеет тесную связь с обоими показателями теплоресурсов только для первых особей, а для массы особей тесная связь обнаруживается только по показателю «сумма эффективных температур». Длительность развития как первых особей имаго, так и их массы имеет высокие значения коэффициента корреляции (R^2) с обоими показателями теплоресурсов.

Таким образом, оба показателя теплоресурсов – среднепериодные температуры и сумма эффективных температур – могут использоваться для оценки длительности развития жизненных фаз яблонного цветоеда, за исключением периодов дополнительного питания и откладки яиц.

Поражает скорость перехода личинок яблонного цветоеда в очередной возраст при относительно невысоких температурах – с интервалом развития в 1–2 дня (см. табл. 3). Как уже указывалось, значения среднепериодных температур в ходе развития от яйца до имаго, включая пребывание взрослых особей в бутоне-убежища, оказались почти одинаковыми для первых особей яблонного цветоеда и появления их основной массы и равны 14.5 ± 1.9 и 14.8 ± 2.0 °C соответственно (см. табл. 2). Это уравнивание можно объяснить флуктуациями теплоресурсов в разные периоды развития насекомого.

Ко времени появления взрослых особей яблонного цветоеда цветение и образование завязей большинства районированных в Московском регионе сортов яблони заканчивались.

Средняя продолжительность разных стадий развития основной массы особей долгоносика составила: яиц – 4 сут (5–9.V), личинок – 14 сут (9–23.V), куколок – 8 сут (23–31.V) и пребывания имаго в бутоне – 1 сут (31.V–1.VI) (см. табл. 2).

В среднем за 4 года исследований длительность преимагинального развития (от яйца до имаго в бутоне) особей яблонного цветоеда, вычисленная по первым появившимся особям и по особям, появившимся в массе, оказалась одинаковой, равной 26 сут (2–28.V и 5–31.V соответственно), а длительность развития с пребыванием особей в бутоне (от яйца до выхода жуков из бутонов-убежищ) по тем же категориям особей – 27 сут (соответственно 2–29.V и 5.V–1.VI), при этом среднепериодные температуры составили 14.5–14.8 °C (см. табл. 2).

Зафиксированная нами продолжительность преимагинального развития яблонного цветоеда значительно меньше, чем отмечали исследователи, ранее изучавшие фено-

логию этого вида, в том числе в более южных регионах. В частности, по наблюдениям Н. Н. Третьякова, в Москве на территории Тимирязевской сельскохозяйственной академии в 1979–1982 гг. длительность преимагинального развития (от яйца до имаго) первых появившихся особей яблонного цветоеда составила 31.25 сут на фоне среднепериодной температуры 13.9 °С (Третьяков, 1983). При этом среднемесячные температуры мая в 1979 и 1981 гг. были значительно выше средних многолетних для того времени. По данным Г. Г. Конищевой, во Владикавказе (Северная Осетия), находящемся в 1500 км ЮВ Москвы, в годы, предшествовавшие 1926 г., преимагинальное развитие яблонного цветоеда проходило за 28 сут, а полное (от яйца до выхода жуков из бутонов) – за 30 сут (Конищева, 1926). Согласно архиву погоды, среднемесячная температура мая в 1923 и 1925 гг. составляла 15.9 и 15.6 °С, а в 1927 и 1928 гг. – 14.2 и 15.1 °С ([pogodaiklimat.ru](http://pogodaiklimat.ru/history/37228.htm?ysclid=la1bv5zrf966081223) /history/37228.htm?ysclid=la1bv5zrf966081223).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам наблюдений 4 последовательных лет за развитием популяций яблонного цветоеда (*Anthonomus pomorum*) в Москве установлена фенология развития долгоносика, рассчитаны среднепериодные температуры и суммы эффективных температур (выше 6 °С, как нижнего порога развития) на яблоне сорта старорусской селекции.

Фенология развития долгоносика описана по срокам для первых особей разных стадий и периодов развития и для их появления в массовом количестве. По показателю среднепериодной температуры составлены уравнения развития на каждой преимагинальной стадии. Судя по рассчитанному нами коэффициенту корреляции (R^2), оба показателя, характеризующие теплоресурсы, могут использоваться для оценки длительности развития яблонного цветоеда, однако в период дополнительного питания перезимовавших жуков и откладки яиц точнее оказался показатель среднепериодных температур. В связи с резким потеплением климата в течение 22 лет, предшествовавших 2019 г., и особенно в 2015–2018 гг., сроки прохождения стадий развития яблонного цветоеда заметно сократились, поэтому проведенное исследование уточняет сведения о фенологии его популяций на яблоне. Сопоставление фенологических показателей яблонного цветоеда в Москве с подобными показателями, полученными ранее, в том числе в более южном регионе (Северной Осетии), свидетельствует о влиянии на развитие долгоносика глобального потепления. Подробные новые сведения о фенологических характеристиках этого важного вредителя позволят точнее прогнозировать сроки прохождения им отдельных стадий развития, а также повысить эффективность применения специфических инсектицидов и энтомопатогенов, выпусков энтомофагов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архив погоды. ([pogodaiklimat.ru](http://pogodaiklimat.ru/history/37228.htm?ysclid=la1bv5zrf966081223) /history/37228.htm?ysclid=la1bv5zrf966081223).
Глобальное потепление – Википедия (wikipedia.org).
Данилов Л. Г., Павлюшин В. А. 2015. Состояние, перспективы изучения и практического использования энтомопатогенных нематод (Steinernematidae) и их симбиотических бактерий (*Xenorhabdus*) против насекомых и возбудителей заболеваний растений. Вестник защиты растений 3: 10–15.
Дмитриева С. В., Попов С. Я. 2019. Биологическая эффективность инсектицидов разных классов против яблонного цветоеда (*Anthonomus pomorum*) на яблоне. Земледелие 5: 45–47.
<http://dx.doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10511>
Добровольский Б. В. 1969. Фенология насекомых. М.: Высшая школа, 232 с.

- Иоаннисиани Т. Г., Лаврова Н. К. 1967. Влияние абиотических и биотических факторов на изменение численности популяции яблонного цветоеда (*Anthonomus pomorum* L.) в условиях Белоруссии. Доклады АН БССР **11** (6): 560–563.
- Конищева Г. Г. 1926. Яблонный цветоед и меры борьбы с ним. Владикавказ: Владикавказская станция защиты растений при Горском сельскохозяйственном институте, 12 с.
- Мончадский А. С. 1949. О типах реакции насекомых на изменение температуры окружающей среды. Известия АН СССР. Серия Биология **2**: 171–200.
- Мусолин Д. Л., Саулич А. Х. 2014. Фенологические сдвиги у насекомых в результате современного изменения климата. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии **207**: 257–299.
<http://dx.doi.org/10.13140/2.1.2893.3769>
- Кошкин Е. И., Андреева И. В., Гусейнов Г. Г., Гусейнов К. Г., Джалилов Ф. С. – У., Митюшев И. М. 2021. Особенности взаимодействия растений и фитофагов в агроценозах при изменении климата. Агрохимия **1**: 79–96.
<https://doi.org/10.31857/S0002188121010063>
- Попов С. Я. 1983. Методика составления таблиц выживания природных популяций насекомых на примере малинно-земляничного долгоносика *Anthonomus rubi* Hbst. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии **2**: 146–150.
- Попов С. Я. 2003. Многолетние показатели сезонного развития паутинных клещей рода *Tetranychus* Dufour, 1832 (Acariformes, Tetranychidae) на землянике в Московской области. Энтомологическое обозрение **82** (1): 71–85.
- Попов С. Я. 2017. Популяционная экология малинно-земляничного долгоносика *Anthonomus rubi* Herbst (Coleoptera: Curculionidae) и подходы по ограничению его вредоносности: монография. М.: Росинформагротех, 284 с.
- Попов С. Я., Дмитриева С. В. 2020. Таблицы выживания популяций яблонного цветоеда *Anthonomus pomorum* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) на яблоне и груше на урбанизированных территориях в Московской и Тверской областях. Энтомологическое обозрение **99** (3): 520–534.
<https://doi.org/10.31857/S0367144520030028>
- Супранович Р. В., Колтун Н. Е., Матвейчик М. А. 1999. Учет численности и прогноз вредоносности яблонного цветоеда (*Anthonomus pomorum* L.) в промышленных садах республики (рекомендации). Минск, 12 с.
- Супранович Р. В., Колтун Н. Е., Матвейчик М. А. 2006. Яблонный цветоед в промышленных садах. Защита и карантин растений **4**: 60–62.
- Третьяков Н. Н. 1983. Биологическое обоснование мер борьбы с яблонным цветоедом *Anthonomus pomorum* L. и яблонной медяницей *Psylla mali* Schmdbg. при переходе к интегрированной защите плодового сада: Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М., 1983.
- Третьяков Н. Н. 2007. Яблонный цветоед: биоэкология, вредоносность, защита. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 62 с.
- Шрейнер Я. Ф. 1914. Слоники и яблонный долгоносик, вредящие плодовым садам. 3-е изд. Труды бюро по энтомологии Ученого комитета Главного управления землеустройства и земледелия. Т. 2, вып. 14, 70 с.
- Яхонтов В. В. 1969. Экология насекомых: учебник для студентов биологических специальностей университетов, 2-е изд., переработанное. М.: Высшая школа, 488 с.
- Попов П. А. 1962. Няки биозекологични особености на ябълковия цветкопробивач (*Anthonomus pomorum* L.) в България. Известия института защита на растенията **3**: 117–141.
- Bodenheimer F. S. 1926. Über die Voraussage der Generationenzahl von Insekten. III. Die Bedeutung des Klimas für die landwirtschaftliche Entomologie. Zeitschrift für Angewandte Entomologie **12**: 91–122.
- Menzel F., Feldmeyer B. 2021. How does climate change affect social insects? Current Opinion in Insect **46**: 10–15.
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.01.005>
- Zhou X., Harrington R., Woiwod I. P., Perry J. N., Bale J. S., Clark S. J. 1995. Effects of temperature on aphid phenology. Global Change Biology **1**: 303–313.

PHENOLOGY OF THE APPLE BLOSSOM WEEVIL,
ANTHONOMUS POMORUM (L.) (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE),
ON APPLE TREES IN MOSCOW ON THE BACKGROUND
OF GLOBAL WARMING

S. Ya. Popov, S. V. Dmitrieva

Key words: apple blossom weevil, *Anthonomus pomorum*, population phenology, apple trees, global warming.

S U M M A R Y

The results of observations for 4 consecutive years (2016–2019) on the preimaginal development of the apple blossom weevil (*Anthonomus pomorum* (L.), Coleoptera: Curculionidae) in Moscow on the Antonovka apple variety of the old Russian selection are presented. Observations were carried out, as well as samples of buds with the insect were taken, during its entire development cycle every 3–6 days. The phenology of the weevil development on the apple tree from the time of appearance of overwintered beetles to the appearance of the first new adults and to their mass exit from the shelter buds is described.

Due to the significant global warming of the climate in the 22 years preceding 2019, the duration of the developmental stages of this insect has noticeably decreased. In particular, in our studies, the duration of the preimaginal development of the apple blossom weevil (from laying the first eggs to the appearance of the first adults and from the mass appearance of eggs to the mass appearance of the adults in damaged buds) in Moscow averaged 26 days, and the duration of development, including the pigmentation of beetles and staying in the buds until leaving the shelter for all individuals, was 27; the average period temperatures during the entire development of individuals were within the range of 14.5–14.8 °C. This is less than the duration of the preimaginal development of the pest in Moscow in 1979–1982 and in Vladikavkaz (North Ossetia) in the mid-1920s.

Coefficient of correlation between the duration of the apple blossom weevil development from the egg to the exit of the first beetles from the buds-shelters, on the one hand, and two characteristics of heat resources, (a) the average period temperature and (b) the sum of effective temperatures (above the lower developmental threshold of 6 °C), on the other hand, was high, amounting to -0.977 and -0.852 , respectively; and that for the mass appearance of the adults, -0.971 and -0.899 , respectively. Judging by the correlation coefficient, both parameters characterizing heat resources can be used to assess the longevity of the apple blossom weevil development, but during the period of additional nutrition and egg laying it is more expedient to use the parameter of the average period temperatures.

Taking into account the changed duration of the developmental stages of the apple blossom weevil, the new data provided herein will enable to more accurately predict its phenology as compared to previous years, as well as to increase the effectiveness of the application of specific insecticides and entomopathogens, and releases of the entomophages.