

ФЕНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ *HERACLEUM MANTEGAZZIANUM* SOMMIER & LEVIER (ARIACEAE) В СРЕДНЕТАЁЖНОЙ ПОДЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

©2026 Далькэ И.В.*, Чадин И.Ф.**

Институт биологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, 167982, Россия
e-mail: *dalke@ib.komisc.ru, **chadin@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 21.01.2026. После доработки 23.03.2026. Принята к публикации 08.05.2026

Многолетние наблюдения за ходом сезонного развития *H. mantegazzianum* в среднетаёжной подзоне Республики Коми выявили разнообразие феноритмотипов разных фенотипических классов внутри популяций этого вида. Ювенильные особи развивались по весенне-осенне зелёному с периодами летнего и зимнего покоя феноритмотипу. Имматурные и виргинильные особи характеризовались весенне-летне-осенне зелёным с периодом зимнего покоя фенологическим типом. Генеративные особи проявляли весенне-летне зелёный феноритмотип, отличаясь самым коротким вегетационным периодом по сравнению с другими фенотипическими классами. Обобщённый весенне-летне-осенне зелёный с периодом зимнего покоя фенологический тип сезонного развития самоподдерживающихся популяций *H. mantegazzianum* обеспечивал доминирование вида над травянистыми растениями на протяжении вегетации. Расселение семян *H. mantegazzianum* в разных частях вторичного ареала начиналось при относительно постоянном уровне теплообеспеченности окружающей среды. Сумму активных температур воздуха $\geq 5^\circ\text{C}$ (CAT5) в среднем $1662 \pm 176^\circ\text{C}$ и 113 ± 12 CAT5-дней можно рекомендовать в качестве предикторов наступления периода распространения мерикарпиев инвазионных борщевиков. В городских условиях фенологические фазы *H. mantegazzianum* наступали на 1–2 недели раньше, чем в пригороде, что необходимо учитывать при выполнении мероприятий по ликвидации растений.

Ключевые слова: фенология, феноритмотип, фенотипический класс, *Heracleum mantegazzianum*, инвазия, сумма активных температур.

DOI: 10.35885/1996-1499-19-2-23-33

Введение

Фенологические наблюдения фиксируют наступление периодических событий жизненного цикла растений, что позволяет выявить особенности их сезонного развития, оценить воздействие факторов среды на рост и адаптивный потенциал организмов в природе или в условиях культивирования [Жмылев и др., 2003]. Растения, сходные по длительности, срокам начала и конца вегетации, направлениям смен основных фенологических состояний (вегетации и покоя), объединяют в фенологические типы (феноритмотипы) [Борисова, 1972].

Одно из направлений программы фенологических наблюдений включает изучение сезонных циклов развития чужеродных (инвазионных) видов [Минин и др., 2020; Методика ведения..., 2023], которые могут вызывать значительный экологический, экономический и социальный ущерб [Boardman

et al., 2022]. Результаты фенонаблюдений используют для проверки теоретических основ биологии инвазий [Wolkovich, Cleland, 2011; Park et al., 2024] и развития методов управления чужеродными организмами [Singh et al., 2018; Taylor et al., 2020].

В России технологии ликвидации чужеродных видов включены в перечень важнейших наукоёмких технологий (Указ Президента Российской Федерации от 18.06.2024 № 529). В 2025 г. приняты изменения в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты, связанные с защитой земель от произрастания чужеродных растений (Федеральный закон от 31.07.2025 № 294-ФЗ).

В настоящее время в составе инвазионных флор Европы широко распространены растения *Heracleum sosnowskyi* Manden. и *H. mantegazzianum* Sommier & Levier, которые

относят к комплексу гигантских (высокорослых) инвазионных борщевиков. Упомянутые виды характеризуются высоким экологическим сходством [Ecology and management..., 2007; Захожий и др., 2022; Далькэ, Чадин, 2023] и филогенетическим единством [Шадрин и др., 2024]. Это даёт нам основание называть изучаемые популяции инвазионного гигантского борщевика – *H. mantegazzianum* (борщевик Мантегацци), признавая вид *H. sosnowskyi* (борщевик Сосновского) конспецифичным с *H. mantegazzianum* как минимум в пределах исследованной части вторичного ареала [Далькэ и др., 2024 б].

В условиях инвазии ценопопуляции *H. mantegazzianum* образуют маловидовые сообщества, в которых можно выделить фенотипические классы особей [Крылов и др., 2020], различающихся по занимаемым нишам внутри сообщества и обеспечивающим устойчивость ценопопуляций к неблагоприятным внешним воздействиям. На основе размеров и функциональных особенностей растений *H. mantegazzianum* можно выделить главные фенотипические классы: 1) проростки и ювенильные растения, 2) иматурные и виргинильные растения, 3) генеративные растения. Их наличие в составе популяции позволяет полностью заполнить объём пространства, эффективно использовать ресурсы среды и регулировать микроклимат фитоценоза [Tarreiner, Cernusca, 1998; Далькэ и др., 2024 а, б].

В ходе изучения фенологии чужеродных видов рекомендовано обращать внимание на фенофазы, когда растения могут нанести наибольший вред здоровью человека и экосистемам – например, массовое цветение *Ambrosia artemisiifolia* L.; цветение, плодоношение, рассеивание семян *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Hordeum jubatum* L., *Solidago canadensis* L. [Методика ведения..., 2023]. Учитывая значительные масштабы инвазии гигантских борщевиков [Ecology and management..., 2007; Озерова, Кривошеина, 2018; Захожий и др., 2022], актуальным является изучение особенностей сезонных изменений растений в регионах вторжения. Внимания заслуживает период расселения диаспор *H. mantegazzianum*, тесно связан-

ный с динамикой инвазии [Кривошеина и др., 2020; Chadin et al., 2021; Далькэ, Чадин, 2023] и разработкой мероприятий по контролю численности растений [Далькэ и др., 2025].

Целью настоящей работы было изучение фенологического развития растений *H. mantegazzianum* в среднетаёжной подзоне Республики Коми с учётом возрастных состояний изучаемых особей. На основе собственных наблюдений и данных литературы были оценены климатические условия в период расселения мерикарпиев *H. mantegazzianum* в разных частях инвазионного ареала.

Объект и методы исследования

Фитофенологические наблюдения за растениями *H. mantegazzianum* проводили на постоянных участках, расположенных на территории МО ГО «Сыктывкар» (среднетаёжная подзона Республики Коми) в период 2020–2025 гг. Растения произрастали на заброшенных сельскохозяйственных участках в пригороде (координаты участков: 61.645609° с.ш., 50.731871° в.д.; 61.607507° с.ш., 50.735460° в.д.; 61.702009° с.ш., 50.818681° в.д.) и вблизи городских коммуникаций и строений (координаты участков: 61.648147° с.ш., 50.837840° в.д.; 61.662855° с.ш., 50.822206° в.д.; 61.651473° с.ш., 50.816500° в.д.).

Климат в районе исследования умеренно-континентальный, лето холодное. Среднесуточная температура самого тёплого месяца (июль) +17°C, самого холодного (январь) –16°C. Годовое количество осадков около 700 мм. Снежный покров устанавливается в первой декаде ноября, сход снега наступает в конце апреля – начале мая. Среднесуточная температура воздуха переходит через отметку 0°C во второй декаде апреля и в начале октября. Длительность безморозного периода достигает 190 дней [Атлас Республики Коми..., 1997].

Возрастные состояния *H. mantegazzianum* оценивали по форме и рассечённости листовых пластинок [Кудинов и др., 1980; Сацыперова, 1984]. Наблюдения проводили за растениями, произраставшими на открытых, хорошо освещённых участках. В ходе регулярных осмотров ценопопуляций отмечали сроки начала и окончания следующих периодов (фенофаз):

– для проростков и ювенильных растений: вегетация, летний и зимний покой;

– для иматурных и виргинильных растений: вегетация, переход к зимнему покою;

– для генеративных растений: вегетация, бутонизация, цветение, плодоношение, отмирание надземной части растений, расселение семян.

У данного вида нельзя выделить постгенеративный (сенильный) период в терминах, предложенных А.А. Урановым [Уранов, 1975]. Классифицируя пути развития популяции растений А.А. Уранов и О.В. Смирнова считали, что в популяциях монокарпических видов «...в жизненном цикле отсутствует старческий период» [Уранов, Смирнова, 1969]. Наши многолетние наблюдения и оценка физиологического состояния монокарпических растений *H. mantegazzianum* показывают, что в условиях среднетаёжной подзоны надземные и подземные органы генеративных особей отмирают в начале периода расселения семян, что свидетельствует о завершении большого жизненного цикла и отсутствии сенильного периода.

Термин «семена» здесь и далее применяется условно. Плод представителей семейства Зонтичные – вислоплодик. У борщевиков плод при созревании распадается на два мерикарпия, каждый из которых содержит одно семя [Сацыперова, 1984]. Поскольку определить момент перехода ювенильных растений в состояние летнего покоя без повреждения травостоя крайне сложно, мы использовали в качестве этой даты завершение бутонизации генеративных растений, когда листовая индекс ценопопуляции достигает наибольших значений [Далькэ и др. 2024 б].

Результаты наблюдений фиксировали в дневниках (<http://proborshevnik.ru/phenology>). Феноритмотипы определяли с учётом длительности вегетации, наличия и характера покоя растений [Борисова, 1972].

Для оценки сроков созревания и расселения семян были проанализированы доступные в литературе сведения о биологии борщевиков в условиях интродукции [Марченко, 1953; Коюшев, 1969; Александрова, 1971; Кудинов и др., 1980; Скупченко, 1989] и инва-

зии [Otte, Franke, 1998; Панасенко, Холенко, 2017; Далькэ и др., 2019; 2024 а].

Экологические условия в местах произрастания *H. mantegazzianum* описывали с помощью климатических параметров, которые рассчитывали на основе метеонаблюдений, полученных из специализированных массивов данных: «Расписание Погоды» (<https://rp5.ru>), ВНИИГМИ-МЦД (<http://aisori-m.meteo.ru>), GHCN-Daily [Menne et al., 2012]. Принимая во внимание высокую холодостойкость инвазионных борщевиков [Далькэ и др., 2019; Захожий и др., 2022], накопление тепла в окружающей среде оценивали по сумме среднесуточных температур воздуха ≥ 5 °C (CAT5, °C) и длительности периода CAT5 (количество CAT5-дней). Влагообеспеченность территории определяли по количеству атмосферных осадков (мм) и гидротермическому коэффициенту Селянинова (ГТК), рассчитанному как соотношение количества атмосферных осадков (осадки \times 10) к сумме среднесуточных температур воздуха ≥ 10 °C (CAT10). Возможность осыпания и распространения семян борщевиков путём анемохории оценивали по скорости порывов ветра (м/с) [Chadin et al., 2021].

Для статистического описания собранных данных применяли среднее значение и стандартное отклонение. Расчёты и построение графиков проводили в среде R (<https://www.R-project.org>).

Результаты

Наблюдения за ростом и развитием растений в среднетаёжной подзоне Республики Коми показали, что популяции *H. mantegazzianum* характеризуются регулярным ежегодным плодоношением. Большая часть семян расселяется с августа по октябрь, но оставшиеся на соцветиях диаспоры могут осыпаться в течение осенне-зимнего периода (рис. 1). Формирующийся в октябре-ноябре снежный покров удерживается до конца апреля следующего года.

Фенология проростков и ювенильных растений. Прорастание семян и появление настоящих листьев начинается после схода снега (конец апреля – начало мая, CAT5 = 26 ± 21 °C за 107 ± 6 дней с начала года)

(см. рис. 1 А, Б). Интенсивно развивающиеся проростки в течение двух-трёх недель переходят в ювенильное возрастное состояние. На хорошо освещённых участках проростки и ювенильные растения часто образуют сплошные куртины. После формирования плотного полога листьев растений, находящихся в имматурном, виргинильном и генеративном возрастных состояниях, ювенильные особи начинают переходить в фазу летнего (вторичного) покоя, сопровождающегося отмиранием листьев. Переход ко вторичному покою ювенильных особей наблюдали в середине июля (САТ5 = 1156±196 °С за 180±5 дней с начала года). После отмирания листьев генеративных особей (вторая половина августа, САТ5 = 1731±136 °С за 234±8 дней с начала года) ювенильные растения выходят из состояния летнего покоя и продолжают вегетировать вплоть до снижения среднесуточных температур до 0 °С (вторая половина октября, САТ = 2226±69 °С за 295±8 дней с начала года). После отмирания надземных частей растения *H. mantegazzianum* переходят в фазу зимнего покоя (см. рис. 1 А).

Фенология имматурных и виргинильных растений. Имматурные и виргинильные особи начинали вегетацию через 17±4 дня после появления всходов борщевика (начало мая, САТ5 = 71±29 °С за 124±5 дней с начала года). После короткой розеточной стадии у борщевиков интенсивно отрастают листья, достигая высоты 1.5 м. Имматурные и виргинильные особи *H. mantegazzianum* сохраняют надземные органы и вегетируют до формирования снежного покрова (см. рис. 1 А). Растения этих возрастных состояний также переходят к зимнему покою после отмирания наземных частей (вторая половина октября, САТ5 = 2226±69 °С за 295±8 дней с начала года).

Фенология генеративных растений. Вегетация генеративных особей начинается одновременно с вегетацией имматурных и виргинильных растений (начало мая, САТ5 = 71±29 °С за 124±5 дней с начала года) (см. рис. 1 А, Б). В начале июня на растениях *H. mantegazzianum* появляются бутоны. В ходе интенсивного стеблевания бутоны выносятся над пологом листьев, и растения

приступают к цветению (конец июня – начало июля, САТ5 = 772±96 °С за 180±5 дней с начала года). Цветение обычно продолжается до двух недель (первая половина июля, САТ5 = 1068±103 °С за 195±6 дней с начала года). Фаза плодоношения (процесс созревания плодов) начинается во второй половине июля и длится до середины августа (САТ5 = 1580±96 °С за 225±4 дней с начала года). Расселение семян *H. mantegazzianum*, сопряжённое с отмиранием листьев и высыханием генеративного побега, начинается в середине августа. Основная часть семян осыпается до октября. Небольшое количество диаспор остаётся в соцветиях и постепенно опадает на почву или снежный покров в течение осенне-зимнего периода.

По нашим наблюдениям, вегетационный период прегенеративных растений *H. mantegazzianum* длится в среднем 179±10 дней. Вегетационный период генеративных особей завершился с отмиранием растений и наступлением периода расселения семян и был почти в два раза короче – 101±7 дней.

Анализ метеорологических условий в разных областях вторичного ареала *H. mantegazzianum* показал, что фаза расселения семян борщевиков наступала через 113±12 дней (минимум 93, максимум 138 дней) от начала периода отсчёта САТ5 (рис. 2). К этому времени теплообеспеченность окружающей среды, согласно САТ5, была в среднем 1662±176 °С (минимум 1341, максимум 2074 °С). Коэффициент вариации показателей САТ5 и САТ5-дни не превышал 11%.

Анализ сведений об осадках и накоплении тепла показал, что в окрестностях г. Сыктывкар растения были хорошо обеспечены влагой. В течение периода вегетации инвазионных борщевиков сумма осадков достигала в среднем 336±85 мм, а гидротермический коэффициент за этот период составлял в среднем 1.4±0.5, что характерно для зон с избыточным увлажнением (см. рис. 1 В, Г).

По нашим наблюдениям, фенологические фазы у растений *H. mantegazzianum*, произрастающих вблизи жилых домов, промышленных построек и коммуникаций г. Сыктывкар, наступали раньше в среднем на 11±3 дня, чем у растений, обитающих в пригороде.

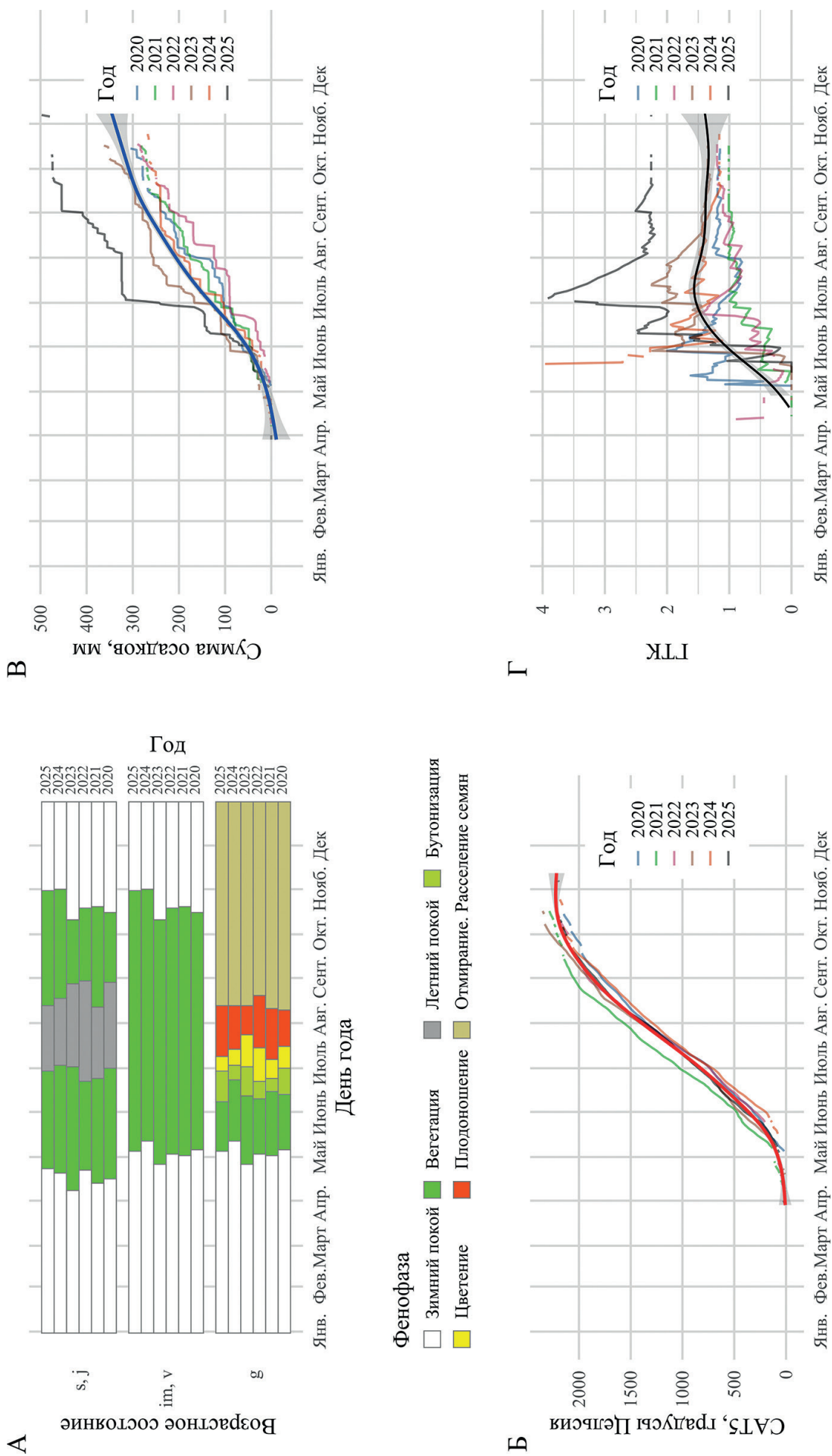
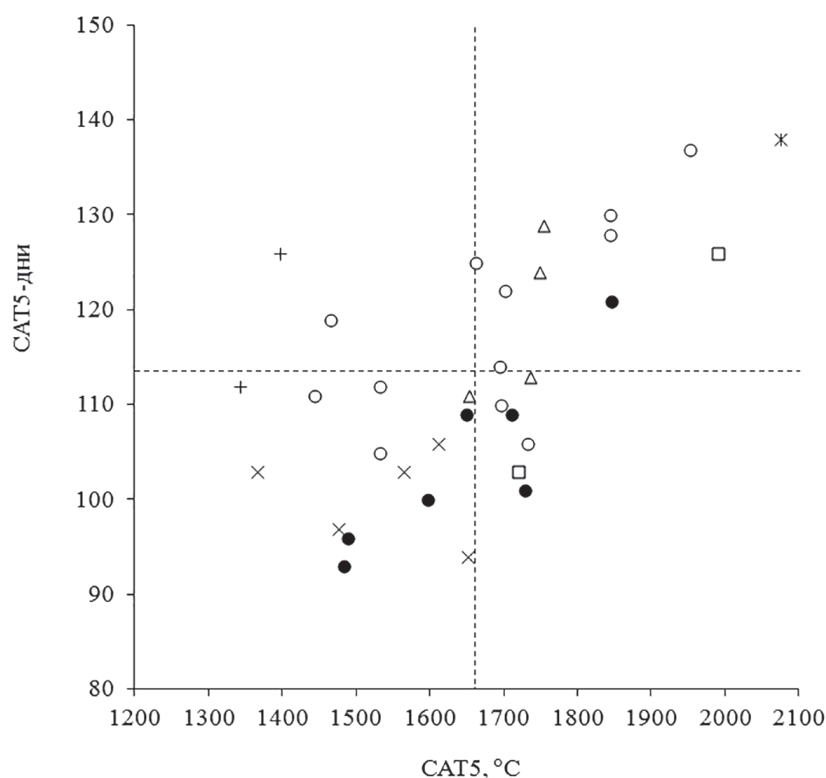


Рис. 1. Феноспектры растений *Hebealear tategazzianum* и погодно-климатические условия в окрестностях г. Сыктывкар в период с 2020 по 2025 гг.: А – фенологические спектры для особей разных возрастных состояний: s, j – семена и ювенильные особи, im, v – имматурные и виргинильные особи, g – генеративные особи; Б – накопление суммы активных температур $\geq 5^{\circ}\text{C}$ (ΣAT5); В – сумма осадков; Г – гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК).



- Сыктывкар - 2011, 2020-2025 гг. (собственные наблюдения)
- Сыктывкар - 1961-1970, 1985 гг.
- Казань - 2018, 2020 гг.
- △ Минск - 1965-1968 гг.
- × Брянск - 2013-2017 гг.
- + Апатиты - 1950-1951 гг.
- ✱ Гессен - 1985 г.

Рис. 2. Теплообеспеченность окружающей среды при наступлении периода расселения семян *Heracleum mantegazzianum* в разные годы наблюдений*: CAT5 – сумма активных температур $\geq 5^{\circ}\text{C}$; CAT5-дни – количество дней от начала периода отсчёта CAT5; пунктирными линиями обозначены средние значения выборки ($n = 34$)

*Данные о сроках наступления фенофаз, не являющиеся собственными наблюдениями авторов, получены из литературы [Марченко, 1953; Коюшев, 1969; Александрова, 1971; Кудинов и др., 1980; Скупченко, 1989, Otte, Franke, 1998; Панасенко, Холенко, 2017].

Обсуждение

Особенности фенологии инвазионных видов могут обуславливать их успешное размножение и захват новых территорий во вторичном ареале благодаря использованию свободных фенологических ниш как «окон возможностей» в конкурентной борьбе с местными видами [Giorgia et al., 2026]. Растения *H. mantegazzianum* способны формировать маловидовые сообщества как в нативной [Tarpeiner, Cernusca, 1998; Ecology and management..., 2007], так и в инвазионной части своего ареала [Otte, Franke, 1998; Панасенко, Холенко, 2017; Далькэ и др., 2024 а, б]. Образование маловидовых сообществ с доминированием этого вида стало возможным

за счёт одновременного существования в популяции *H. mantegazzianum* трёх фенотипических классов, которые можно сгруппировать по возрастным состояниям: 1) проростки и ювенильные растения; 2) имматурные и виргинильные растения; 3) генеративные растения.

Результаты наших наблюдений показывают, что в среднетаёжной подзоне Республики Коми растения *H. mantegazzianum* разных фенотипических классов отличаются сменой периодов вегетации и покоя, временем наступления и протяжённостью фенофаз:

1) ювенильные особи вегетируют неполный вегетационный период – сначала развиваются по весеннезелёному феноритмотипу

[Борисова, 1972], затем переходят в состояние летнего покоя, а после выхода из покоя продолжают вегетировать как осеннезелёные растения;

2) имматурные и виргинильные особи вегетируют полный вегетационный период с весны до установления снежного покрова, то есть характеризуются весенне-летне-осенне-зелёным феноритмотипом;

3) генеративные особи вегетируют неполный вегетационный период с весны до начала осени, проявляя весенне-летнезелёный феноритмотип.

Учитывая динамику сезонного развития и численности *H. mantegazzianum* всех фенотипических классов, в среднетаёжной подзоне популяции этого вида можно охарактеризовать как длинновегетирующие с весенне-летне-осеннезелёным периодом зимнего покоя феноритмотипы.

Формирование ритмологических групп – растений с разными феноритмотипами внутри популяции хорошо укладывается в концепцию стратегии «биологического хеджирования» *H. mantegazzianum*, которая направлена на распределение особей по фенотипическим классам – группам, различающимся по способности использования разных ресурсных ниш [Крылов и др., 2020; Далькэ и др., 2024 а].

В высокотравных зарослях растения *H. mantegazzianum* конкурируют преимущественно за световые ресурсы [Tarpeiner, Cernusca, 1998; Далькэ и др., 2024 б]. Рост надземных частей борщевиков разных фенотипических классов вызывает взаимное затенение в течение вегетации. Генеративные особи существенно превышают остальные растения по высоте и площади листовой поверхности. Летом листья генеративных особей располагаются в верхней части полога и, поглощая бóльшую часть падающей световой энергии, сильно затеняют остальные растения. В такой ситуации ювенильные растения используют для роста «временные окна» весеннего и осеннего периодов, пока они не затенены листьями других растений. Вегетация генеративных особей *H. mantegazzianum* весной начинается на 2–3 недели позже, чем у проростков, а уже во второй половине ав-

густа генеративные растения начинают отмирать, открывая осенью доступ света растениям других фенотипических классов.

Способность ювенильных растений переходить в состояние летнего (вторичного) покоя не только позволяет приспособиться к преодолению периода с очень низким световым довольствием в приземном слое, но и обеспечивает быстрое восстановление популяции в случае уничтожения растений других фенотипических классов [Далькэ и др., 2024 а].

К настоящему времени опубликовано заметное количество данных о ритмах развития генеративных особей *H. mantegazzianum* в разных частях вторичного ареала [Марченко, 1953; Коюшев, 1969; Александрова, 1971; Кудинов и др., 1980; Скупченко, 1989; Otte, Franke, 1998; Панасенко, Холенко, 2017; Далькэ и др., 2024 а, б]. Это позволило определить условия наступления ключевой фенологической фазы данного инвазионного вида – расселение семян. Календарные даты мало пригодны для предсказания наступления фенологических фаз из-за большой протяжённости вторичного ареала *H. mantegazzianum* и вариабельности эколого-климатических условий, обуславливающих начало периода вегетации. Например, на юге инвазионного ареала (Брянск, Минск) семена борщевиков осыпаются в июле [Кудинов и др., 1980; Панасенко, Холенко, 2017], а на севере (Апатиты, Сыктывкар) заметно позже – в августе-сентябре [Марченко, 1953; Коюшев, 1969; Далькэ и др., 2024 а, б].

Вместе с тем, согласно результатам, полученным в разные годы и в разных частях вторичного ареала высокорослых борщевиков, теплообеспеченность среды в начале периода расселения их семян составила в среднем $1662 \pm 176^\circ\text{C CAT5}$. Это тепло было накоплено в течение 113 ± 12 CAT5-дней. Низкая вариабельность даёт основание рассматривать величины CAT5 и CAT5-дни в качестве предикторов наступления периода распространения диаспор *H. mantegazzianum* в соответствующих обобщённым данным эколого-климатических условиях.

Варьирование сроков наступления фенологических фаз по годам чаще всего связывают с изменением погодных условий и по-

явлением гибридных форм представителей рода *Heracleum* в ходе интродукции [Кудинов и др., 1980; Сацыперова, 1984]. Кроме упомянутых причин, раннее наступление фенофаз *H. mantegazzianum* в городской черте по сравнению с пригородом может быть обусловлено эффектом «городского острова тепла», вызывающим разницу температур воздуха между центрами и окрестностями городов от 0.5–3 до 10 °C [Heisler, Brazel, 2010; Ji et al., 2021]. Характерное для городской растительности явление сдвига сроков наступления фенофаз [Двойнова, Дудник, 2025] следует принимать во внимание в ходе выполнения мероприятий по устранению инвазионных видов [Далькэ и др., 2025].

Считается, что модель сезонного развития закреплена наследственно, является адаптивной чертой вида и отражает историю его формирования в определённых почвенно-климатических и фитоценологических условиях [Жмылев и др., 2003]. В доступной литературе сведения о феноритмотипах *H. mantegazzianum* в нативном ареале нами не обнаружены. Однако изучение феноритмологического состава фитоценозов северного макросклона Кавказского заповедника показывает, что весенне-летне-осеннезелёный феноритмотип является самым распространённым, виды которого встречаются от предгорий до альпийских фитоценозов. Весенний рост большинства видов начинается в апреле-мае после полного схода снежного покрова, а отмирание надземной части или опадание листьев наблюдается в сентябре-октябре [Спасовский, 2014].

По нашим данным, естественные местообитания растений *H. mantegazzianum* на Кавказе имеют высокое сходство с климатическими условиями таёжной зоны Европейского Северо-Востока [Далькэ и др., 2026]. Таким образом, в географически удалённых районах растения *H. mantegazzianum* характеризуются не только близкими структурно-функциональными показателями и продуктивностью, но и, вероятно, сходным типом сезонного развития.

В составе полидоминантных субальпийских высокотравных сообществ Кавказа представители рода *Heracleum* вынуждены

конкурировать с другими крупнотравными видами – *Angelica tatianaе* Bordz., *Milium effusum* L., *Cephalaria gigantea* (Ledeb.) Bobrov, *Rumex alpinus* L. [Дудова и др., 2019; Гулов и др., 2022]. Разделение популяции *H. mantegazzianum* на фенотипические классы является следствием адаптации борщевиков к условиям высокой ценотической насыщенности высокотравных сообществ в границах нативного ареала.

В инвазионной части ареала гигантские борщевики произрастают в весьма благоприятных условиях – в отсутствие высокорослых конкурентов, травоядных животных и вредителей, недостатка климатических ресурсов, барьеров распространения, антропогенного пресса. Растения *H. mantegazzianum* распределяют между собой необходимые для жизни ресурсы среды. Разделение особей по фенотипическим классам с разными размерами (разделение в пространстве), с разными ритмами сезонного развития (разделение во времени) позволило оптимизировать использование ресурсов и снизить внутривидовую конкуренцию в популяциях *H. mantegazzianum*. Эти факторы определили доминирование вида в составе растительного покрова на протяжении всего вегетационного периода.

Выводы

В среднетаёжной подзоне Республики Коми представители разных фенотипических классов *H. mantegazzianum* отличаются сроками наступления и продолжительностью фенологических фаз. Разнообразие феноритмотипов *H. mantegazzianum* обусловлено особенностями структурно-функциональной организации растений разных фенотипических классов и их способностью ко вторичному (летнему) покою. Разделение особей на фенотипические классы в пространстве и времени приводит к снижению внутривидовой конкуренции в популяциях этого инвазионного вида. Сезонный ритм развития самовозобновляющихся популяций *H. mantegazzianum* можно охарактеризовать весенне-летне-осеннезелёным с периодом зимнего покоя феноритмотипом, обеспечивающим доминирование высокорослых борщевиков над травянистыми растениями на протяжении вегетации.

Несмотря на фенологическую пластичность в разных областях вторичного ареала *H. mantegazzianum*, растения приступали к расселению семян при достижении суммы активных температур ≥ 5 °C (САТ5) в среднем 1662 ± 176 °C, накопленной в течение 113 ± 12 САТ5-дней. Величину показателей САТ5 и САТ5-дни можно рекомендовать в качестве предикторов для оценки наступления периода распространения диаспор инвазионных борщевиков. В городских условиях фенологические фазы *H. mantegazzianum* наступали на 1–2 недели раньше, чем в пригороде, что следует учитывать при выполнении мероприятий по устранению растений.

Финансирование работы

Исследование выполнено в рамках государственного задания «Физиологические и молекулярные механизмы интеграции клеточных процессов и целостности растительного организма: фотосинтез и дыхание» (№ 125020301262-2)».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

Литература

Александрова М.И. Некоторые виды борщевика в среднетаёжной зоне Коми АССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киров, 1971. 26 с.

Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / под ред. А.И. Таскаева. М.: ДиК; Дрофа, 1997. 116 с.

Борисова И.В. Полевая геоботаника. Л., 1972. Т. 4. С. 5–97.

Гулов Д.М., Онопченко В.Г., Мартыненко В.Б., Фёдоров Н.И., Логвиненко О.А., Узденов У.Б., Хубиева О.П. Состав надземной фитомассы субальпийского высокогорья в Тебердинском национальном парке // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2022. Т. 127, № 5. С. 46–53.

Далькэ И.В., Малышев Р.В., Захожий И.Г., Чадин И.Ф. Стратегия «биологического хеджирования ставок» в ценопопуляциях *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) на европейском северо-востоке России // Журнал общей биологии. 2024 а. Т. 85, № 6. С. 460–473. DOI: 10.31857/S0044459624060031

Далькэ И.В., Маслова С.П., Захожий И.Г., Гольке Г.А., Смотрина Ю.А. Структура ценопопуляций *Heracleum*

sosnowskyi и механизмы поддержания их устойчивости в условиях Севера // Экология. 2024 б. № 2. С. 86–96. DOI: 10.31857/S0367059724020025

- Далькэ И.В., Пономарев В.Н., Чадин И.Ф. Рекомендации по управлению инвазией борщевика Мантегацци (борщевика Сосновского): обзор литературы и практика применения в России // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия: Экспериментальная биология и экология. 2025. № 7 (83). С. 116–131. DOI 10.19110/1994-5655-2025-7-116-131
- Далькэ И.В., Чадин И.Ф. Моделирование скорости увеличения площади ценопопуляций *Heracleum sosnowskyi* Manden. и *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier // Российский журнал биологических инвазий. 2023. № 3. С. 30–47. DOI: 10.35885/1996-1499-16-3-30-47
- Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Малышев Р.В., Захожий И.Г., Тишин Д.В., Харевский А.А., Солод Е.Г., Шайкина М.Н., Попова М.Ю., Полюдченков И.П., Тагунова И.И., Лязев П.А., Беляева А.В. Морозоустойчивость борщевика Сосновского по результатам лабораторных и полевых экспериментов // Российский журнал биологических инвазий. 2019. № 4. С. 12–26.
- Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Захожий И.Г. Агроклиматические условия местообитаний и морфометрическая характеристика растений *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae, Apiales) на территории Западного Кавказа // Поволжский экологический журнал. 2026. № 1. С. 3–20. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-1-3-20>
- Двойнова Н.Ф., Дудник Е.Ю. Изучение сезонной ритмики древесных растений на урбанизированных территориях // Биосфера. 2025. Т. 17, № 3 С. 204–212. URL: <https://21bs.ru/index.php/bio/article/view/990/0>
- Дудова К.В., Джатдоева Т.М., Дудов С.В., Ахметжанова А.А., Текеев Д.К., Онопченко В.Г. Конкурентная стратегия растений субальпийского высокогорья Северо-Западного Кавказа // Вестник Московского ун-та. 2019. Сер. 16. Биология. Т. 74, № 3. С. 179–187. <https://vestnik-bio-msu.elpub.ru/jour/article/viewFile/766/476>
- Жмылев П. Ю., Жмылева А. П., Карпухина Е. А., Титовец А. В. Возможные причины изменения сезонного развития растений в связи с потеплением климата // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2003. № 9. С. 98–103.
- Захожий И.Г., Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Канев В.А. Эколого-географический анализ распространения *Heracleum persicum*, *H. mantegazzianum* и *H. sosnowskyi* на северной границе вторичного ареала видов в Европе // Российский журнал биологических инвазий. 2022. № 1. С. 55–70. DOI: 10.35885/1996-1499-15-1-55-70
- Коюшев И.А. Биологические особенности и приёмы возделывания борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi* Manden.) и горца Вейриха (*Polygonum Weyrichii* F. Schmidt) в центральной таёжной зоне Коми АССР (на примере совхоза «Корткеросский»): дис. на соискание учёной степени канд. с.-х. наук.

- Сыктывкар, 1969. 157 с. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11055943>
- Кривошеина М.Г., Озерова Н.А., Петросян В.Г. Распространение семян борщевика Сосновского // Российский журнал биологических инвазий (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в зимний период. 2020. Т. 13. № 3. С. 22–31.
- Крылов А.К., Марков А.В., Александров Ю.И. Единство популяции как способ выживания в нестабильной среде // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81, № 3. С. 194–207. DOI: 10.31857/S0044459620030057
- Кудинов М.А., Касач А.Е., Чекалинская И.И., Черник В.В., Чурилов А.К. Интродукция борщевиков в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1980. 200 с.
- Марченко А.А. Биологические особенности и кормовые достоинства борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.): дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук. Л., 1953. 250 с. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10894912>
- Методика ведения фенологических наблюдений / Д.Р. Владимиров, А.А. Гладилин, А.Е. Гнеденко и др. М.: Альпина ПРО, 2023. 208 с.
- Минин А.А., Ананин А.А., Буйволов 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. URL: <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.060>
- Озерова Н.А., Кривошеина М.Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 1. С. 78–87.
- Панасенко Н.Н., Холенко М.С. Фенология *Heracleum sosnowskyi* на территории Брянской области // Учёные записки Брянского государственного университета. 2017. № 1 (5). С. 62–67.
- Сацыперова И.Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения. Л.: Наука, 1984. 223 с.
- Скупченко Л.А. Семеноведение борщевика на Севере. Л.: Наука, 1989. 119 с.
- Спасовский Ю.Н. Феноритмологический состав фитоценозов северного макросклона Кавказского заповедника // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2014. № 3 (142). С. 104–109.
- Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. шк. биол. науки. 1975. № 2. С. 7–33.
- Уранов А.А., Смирнова О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1969. Т. 74, вып. 1. С. 119–134. https://moip-bio.msu.ru/wp-content/uploads/moip_1969_074_1.pdf
- Шадрин Д.М., Далькэ И.В., Захожий И.Г., Шильников Д.С., Кожин М.Н., Чадин И.Ф. Молекулярно-генетические исследования *Heracleum sosnowskyi* Manden. и *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. 2024. № 2. С. 153–171. DOI:10.35885/1996-1499-17-2-153-171
- Boardman L., Lockwood J.L., Angilletta M.J., Krause J.S., Lau J.A., Loik M.E., Simberloff D., Thawley C.J., Meyerson L.A. The Future of Invasion Science Needs Physiology // BioScience. 2022. biac080. URL: <https://doi.org/10.1093/biosci/biac080>
- Chadin I., Dalke I., Tishin D., Zakhochiy I., Malyshev R. A Simple Mechanistic Model of the Invasive Species *Heracleum Sosnowskyi* Propagule Dispersal by Wind // PeerJ. 2021. 9: e11821. URL: <https://doi.org/10.7717/peerj.11821>
- Ecology and management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*) / Ed. P. Pysek, M.J.W. Cock, W. Nentwig, H.P. Ravn. CAB International. 2007. P. 352.
- Gioria M., Fernández-Pascual E., Rosbakh S., Cruz Tejada D.M., Dawson W., Essl F., Krefth H., Lukacs K., Pergl J., Pinzani L., van Kleunen M., Wagner M., Weigelt P., Pyšek P., Carta A. Seed Germination Traits Reveal Naturalization Potential: Global Insights from Temperate European Herbaceous Species // Journal of Ecology. 2026. Vol. 114. e70223. URL: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.70223>
- Heisler G.M., Brazel A.J. The Urban Physical Environment: Temperature and Urban Heat Islands / Urban Ecosystem Ecology (eds J. Aitkenhead-Peterson, A. Volder). 2010. P. 29–57. URL: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr55.c2>
- Ji Y., Jin J., Zhan W., Guo F., Yan T. Quantification of Urban Heat Island-Induced Contribution to Advance in Spring Phenology: A Case Study in Hangzhou, China // Remote Sensing. 2021. Vol. 13(18). 3684. URL: <https://doi.org/10.3390/rs13183684>
- Menne M.J., Durre I., Vose R.S., Gleason B.E., Houston T.G. An Overview of the Global Historical Climatology Network-Daily Database // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 2012. Vol. 29, no. 7. P. 897–910. DOI: 10.1175/JTECH-D-11-00103.1
- Otte A., Franke R. The Ecology of the Caucasian Herbaceous Perennial *Heracleum mantegazzianum* Sommier et Lev. (Giant Hogweed) in Cultural Ecosystems of Central Europe // Phytocoenologia. 1998. Vol. 28, no. 2. P. 205–232. DOI: 10.1127/phyto/28/1998/205
- Park D.S., Huynh K.M., Feng X. Phenological similarity and distinctiveness facilitate plant invasions // Global Ecology and Biogeography. 2024. Vol. 33. e13839. URL: <https://doi.org/10.1111/geb.13839>
- Singh K.K., Chen Y.-H., Smart L., Gray J., Meentemeyer R.K. Intra-annual phenology for detecting understory plant invasion in urban forests // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2018. Vol. 142. P. 151–161. URL: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.05.023>
- Tappeiner U., Cernusca A. Model Simulation of Spatial Distribution of Photosynthesis in Structurally Differing Plant Communities in the Central Caucasus // Ecological Modelling. 1998. Vol. 113, no. 1. P. 201–223. URL: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(98\)00144-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(98)00144-6)

Taylor R., Holthuijzen W., Humphrey A., Posthumus E. Using Phenology Data to Improve Control of Invasive Plant Species: A Case Study on Midway Atoll NWR // Ecological Solutions and Evidence. 2020. Vol. 1, no. 1. e12007. URL: <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12007>

Wolkovich E.M., Cleland E.E. The Phenology of Plant Invasions: A Community Ecology Perspective // Frontiers in Ecology and the Environment. 2011. Vol. 9. P. 287–294. URL: <https://doi.org/10.1890/100033>

PHENOLOGY OF *HERACLEUM MANTEGAZZIANUM* SOMMIER & LEVIER (APIACEAE) IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF THE KOMI REPUBLIC

©2026 Dalke I.V.*, Chadin I.F.**

Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar 167982, Russia
e-mail: *dalke@ib.komisc.ru, **chadin@ib.komisc.ru

Long-term observations of the seasonal development of *H. mantegazzianum* in the middle taiga subzone of the Komi Republic revealed a diversity of phenorhythmotypes among different phenotypic classes within the species' populations. Juvenile individuals followed a spring-autumn-green phenorhythmotype with periods of summer and winter dormancy. Immature and virginal individuals were characterized by a spring-summer-autumn-green phenological type with a period of winter dormancy. Generative individuals exhibited a spring-summer-green phenorhythmotype, distinguished by the shortest growing season compared to other phenotypic classes. The generalized spring-summer-autumn-green phenological type with a winter dormancy period in self-sustaining populations of *H. mantegazzianum* ensured the species' dominance over herbaceous plants throughout the growing season. Seed dispersal of *H. mantegazzianum* in different parts of its secondary range commenced at a relatively constant level of environmental heat supply. The sum of active air temperatures $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SAT5), averaging $1662 \pm 176\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 113 ± 12 SAT5-days, can be recommended as predictors for the onset of the generative diaspora dispersal period for invasive hogweeds. In urban conditions, the phenological phases of *H. mantegazzianum* occurred 1–2 weeks earlier than in the suburbs, a factor that must be considered when planning and executing plant eradication measures.

Key words: phenology, phenorhythmotype, phenotypic class, *Heraculum mantegazzianum*, invasion, sum of active temperatures.