

**Экологические факторы, определяющие
естественную и антропогенную инвазию борщевика Сосновского
Heracleum sosnowskyi Manden., меры борьбы с ним (обзор)**

© 2023. Т. Я. Ашихмина^{1,2}, д. т. н., профессор, г. н. с., зав. лабораторией,
Е. В. Товстик¹, к. б. н., доцент, с. н. с.,
Т. А. Адамович¹, к. г. н., доцент,

¹Вятский государственный университет,

610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,

²Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения

Российской академии наук,

167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,

e-mail: tovstik2006@inbox.ru

В настоящем обзоре проанализирована и рассмотрена на конкретных примерах проблема инвазии борщевика Сосновского *Heracleum sosnowskyi* Manden. под влиянием различных экологических факторов: абиотических, биотических и антропогенных. Установлено, что среди абиотических факторов главную роль в распространении борщевика Сосновского играют температура, влажность, свет, скорость и направление ветра, длительность залегания и высота снежного покрова, рельеф местности, элементный состав почвы. Совокупность абиотических факторов в целом определяет приуроченность борщевика Сосновского к областям прохладного гумидного климата. Повышенная влажность, наличие снежного покрова, низкие положительные температуры в осенне-зимний и ранневесенний периоды создают условия для стратификации семян, обеспечивающей жизнеспособность борщевика. Различные межвидовые взаимодействия, наряду с другими экологическими факторами, вносят значительный вклад в инвазивность борщевика Сосновского. Определяющим биотическим фактором в случае данного вида выступает конкуренция за ресурсы. Однако, несмотря на аллелопатическую активность борщевика, он может являться объектом паразитарного внедрения некоторых растительных видов, к примеру, лианы колючеягодника лопастного *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray. Внедрение борщевика Сосновского в естественные фитоценозы зависит от их плотности, оно также тесно связано с опылителями и фитофагами. Отмечается связь растения с почвенными микробными сообществами, которые оказывают на инвазию борщевика как положительное, так и отрицательное действие. Среди антропогенных факторов наибольший вклад в инвазивность борщевика Сосновского вносит перемещение засорённых жизнеспособными семенами данного растения грунтов в ходе строительства, перенос семян с различными видами транспорта. Значимую роль в инвазивности борщевика Сосновского играет вырубка лесов, в ходе которой происходит изменение структуры и состава растительности. Распространение борщевика обусловлено не только экологическими факторами, действующими в комплексе, но и его высокой адаптивностью к различным условиям среды обитания. В связи с этим для определения способа борьбы с борщевиком Сосновского важно учитывать не только эффективность мер, но и роль экологических факторов, определяющих жизнеспособность данного растения.

Ключевые слова: биотические, абиотические, антропогенные факторы, интродукция, инвазия, меры борьбы.

**Ecological factors determining natural and anthropogenic invasion
of *Heracleum sosnowskyi* Manden., measures to combat it (review)**

© 2023. Т. Я. Ashikhmina^{1,2} ORCID: 0000-0003-4919-0047

E. V. Tovstik¹ ORCID: 0000-0003-1861-6076

T. A. Adamovich¹ ORCID: 0000-0002-8684-927X

¹Vyatka State University,

36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,

²Institute of Biology of Komi Scientific Centre

of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,

28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,

e-mail: tovstik2006@inbox.ru

This review analyzes the problem of invasion of *Heracleum sosnowskyi* Manden. under the influence of various environmental factors. Particular attention is paid to abiotic, biotic and anthropogenic factors. The influence of these factors on invasiveness is considered on specific examples. It has been established that among abiotic factors, temperature, humidity, light, wind speed and direction, duration and depth of snow cover, terrain, and elemental composition of the soil play the main role in the distribution of *H. sosnowskyi*. The totality of abiotic factors generally determines the confinement of *H. sosnowskyi* to areas of a cool humid climate. Increased humidity, the presence of snow cover, low positive temperatures in the autumn-winter and early spring periods create conditions for seed stratification, which ensures the viability of hogweed. Various interspecific interactions, along with other environmental factors, make a significant contribution to the invasiveness of *H. sosnowskyi*. The determining biotic factor in the case of this species is competition for resources. However, despite the allelopathic activity of hogweed, it can be the object of parasitic invasion of some plant species, for example, vines of *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray. The introduction of *H. sosnowskyi* into natural phytocenoses depends on their density, it is also closely related to pollinators and phytophages. The connection of the plant with soil microbial communities is noted, which have both positive and negative effects on the invasion of *H. sosnowskyi*. Among anthropogenic factors, the greatest contribution to the invasiveness of *H. sosnowskyi* is made by the movement of soils contaminated with viable seeds of this plant during construction, the transfer of seeds with various modes of transport. Deforestation plays a significant role in the invasiveness of *H. sosnowskyi*, during which the structure and composition of vegetation changes. The distribution of hogweed is due not only to environmental factors acting in combination, but also to its high adaptability to various environmental conditions. In this regard, in order to determine the method of combating *H. sosnowskyi*, it is important to take into account not only the effectiveness of measures, but also the role of environmental factors that determine the viability of this plant.

Keywords: biotic, abiotic, anthropogenic factors, introduction, invasion, control measures.

В современных условиях к наиболее значимым причинам ускоренной сукцессии относятся выведение земель из сельскохозяйственного использования, а также интродукцию видов в новую среду. Негативным последствием интродукции является инвазия. Она приводит к снижению биоразнообразия экосистем, вплоть до их полного разрушения. Скорость данного процесса определяется комплексом действующих экологических факторов [1].

Среди инвазивных видов растений, встречающихся на территории Российской Федерации (РФ), наибольшую озабоченность в связи с агрессивными свойствами и быстрыми темпами распространения вызывает борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) [2]. Это крупное травянистое растение из семейства Ариáceае (сельдерейные) было введено в культуру, как кормовое. Впоследствии не нашедшее широкого применения, при отсутствии надлежащего контроля, оно стало активно занимать территории, приуроченные к землям сельскохозяйственного и лесного назначения, обочинам дорог, территориям населённых пунктов [3–5].

Инвазия борщевика Сосновского в настоящее время является частью глобальных природных изменений, она способна вызывать существенные потери биологического разнообразия, наносит значительный экономический ущерб и представляет опасность для здоровья людей. В настоящее время особенно остро складывается ситуация в регионах, являвшихся в прошлом центрами его возделывания [6]. Кроме того, в условиях синергетических эффектов глобального изменения окружающей среды всё чаще отмечается на-

личие борщевика Сосновского на территориях, где ранее не происходила его преднамеренная интродукция [7, 8].

Последние достижения в разработке методов борьбы с борщевиком Сосновского позволили установить ряд эффективных средств. Однако применение их в крупных масштабах зачастую является трудоёмким процессом, требующим больших экономических затрат. В сложившихся условиях возрос интерес к роли экологических факторов, определяющих жизнеспособность борщевика Сосновского, с целью разработки мер по остановке и недопущению его распространения.

Цель работы – систематизация информации о факторах, влияющих на инвазию борщевика Сосновского и мерах борьбы с ним.

Исследование направлено на выявление роли различных экологических факторов в инвазивности борщевика Сосновского. Важность рассмотрения абиотических факторов определяется тем, что они являются основными условиями существования растительных видов. Биотические факторы играют важную роль в межвидовых взаимодействиях. Серьёзные последствия для экосистем имеют антропогенные факторы (рис.).

Объекты и методы исследования

Объектом литературного обзора явился анализ особенностей распространения борщевика Сосновского под влиянием различных экологических факторов с целью выявления эффективных мер по борьбе с данной инвазией. Научные публикации для систематического обзора были отобраны путём запроса в научную

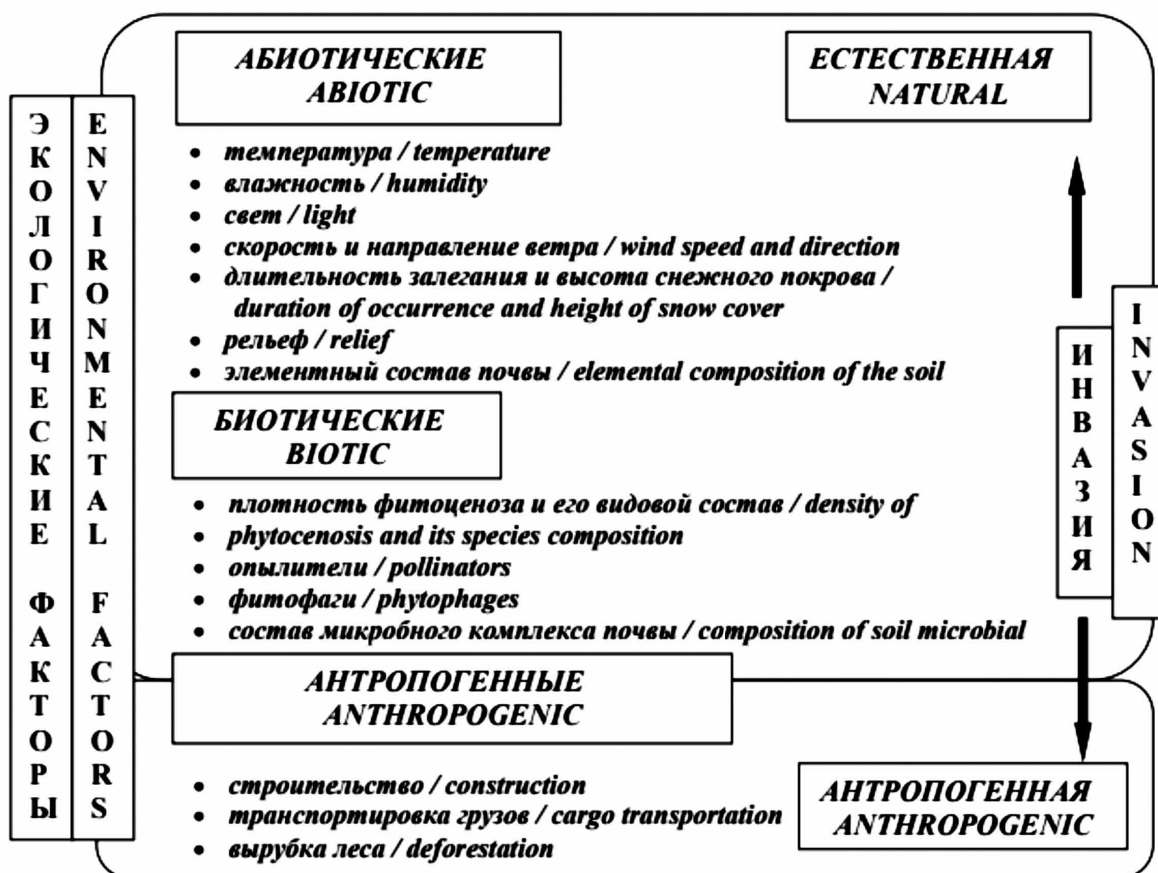


Рис. Факторы, определяющие инвазивность борщевика Сосновского
 Fig. Factors determining the invasiveness of *Heracleum sosnowskyi*

электронную библиотеку e-LIBRARY.RU, КиберЛенинка, поисковую систему по научным публикациям Академия Google. Поиск патентов проводили в Информационно-поисковой системе Федерального института промышленной собственности. Для систематизации информации использовали литературные источники за период с 2013 по 2023 гг. Критерием отбора источников для систематизации информации в настоящем обзоре служили ключевые слова: борщевик Сосновского; инвазия; интродукция; экологические, абиотические, биотические факторы; сукцессия; конкуренция, консортивные связи; меры борьбы.

Роль абиотических факторов в инвазивности борщевика Сосновского

Существенное влияние на инвазивность растительных видов, в том числе борщевика Сосновского, оказывают абиотические факторы. К ним относят доступность света, воды, питательных веществ и др.

Установлено, что климатические условия, в которых встречается борщевик Сосновско-

го, сильно варьируют в зависимости от его местопроизрастания. Исторической родиной борщевика Сосновского является восточная часть Большого Кавказа, Восточное и Юго-Восточное Закавказье, северо-восток Турции. Данные территории расположены в зоне субтропического и умеренного климатического поясов.

Вторичный ареал борщевика Сосновского приурочен преимущественно к областям прохладного гумидного климата [7]. Согласно карте современного распространения борщевика Сосновского на территории России, формирование его вторичных ареалов ограничивается зоной северной тайги (линия Онега – Сыктывкар). Инвазионный потенциал растения возрастает в зоне средней тайги, достигая пика в зоне смешанных лесов. Южная граница ареала располагается на линии Чернигов – Брянск – Калуга – Киров. В зоне лесостепи для выращивания *H. sosnowskyi* требуется орошение, в связи с чем инвайдер приурочен к долинам рек и ручьёв, к окраинам лесных массивов, где почвы отличаются большей влажностью [9].

В более сухих условиях континентальной южной тайги и лесостепи отмечается приуроченность борщевика Сосновского к пониженным элементам рельефа. В этих условиях он быстро реализует потенциал высокой продуктивности при оптимальной обеспеченности ресурсами, и плохо приспособлен поддерживать высокую физиологическую активность при неблагоприятных почвенных условиях [7].

Гидрохорное распространение семян борщевика Сосновского, регистрируемое в условиях северных территорий, обусловлено наличием генеративных особей, контактирующих с водой рек, и существованием по берегам рек открытых нарушенных участков почвы для успешного прорастания семян борщевика с последующим развитием растений [10].

Наличие снежного покрова является важным условием инвазивности борщевика. Более надёжная теплоизоляция для зимующих растений борщевика складывается в мелколиственных лесах, кроны деревьев в которых, по сравнению с хвойными лесами, не способны осаждать на себя большое количество снега, вследствие чего он скапливается на поверхности земли [11].

Весной скорость роста почек борщевика Сосновского экспоненциально увеличивается при температуре 5–30 °С, а осенью – при 2–5 °С. Доля тепловыделения энергии у проростков при температуре 2–5 °С составляет около 20%. В осенне-зимний и ранневесенний периоды зародыш увеличивается в размерах в 3–4 раза, а его вес – в 30–40 раз, что демонстрирует эффективность накопления энергии в молодых тканях и соответствует температурному режиму почвы на глубине размещения почек в ранневесенний, осенний и зимний периоды [12, 13].

В условиях вторичного ареала борщевик Сосновского предпочитает освещённые места, например, опушки леса [14]. Однако, согласно последним данным, светолюбивый борщевик Сосновского начал осваивать и нижний ярус пойменных лесов [15].

Крайне благоприятно на инвазивности борщевика сказывается наличие ветра [16]. В связи с этим в мелколиственных лесах, по сравнению с хвойными, где меньше ветра, создаются более благоприятные условия для успешного распространения данного вида [11].

Немаловажную роль в инвазивности борщевика Сосновского играет элементный состав почвы. В пользу данного заключения говорит факт чаще встречающихся инвазий в условиях

большей доступности питательных веществ в почве [17]. Установлено, что растение практически не накапливает мышьяк, даже в случае, когда его содержание в почве превышает ПДК. Аналогичная ситуация складывается с хромом, железом и марганцем. Содержание этих металлов в борщевике постоянное и низкое. В то же время борщевик Сосновского активно накапливает бор, молибден, литий, кальций, сурьму и некоторые другие элементы, относящиеся к группам энергичного и сильного поглощения. По отношению к натрию этот вид проявляет выраженные индикаторные свойства, отражая уровень концентрации элемента в почве [18]. Установлено, что корни борщевика накапливают тяжёлые металлы в большей степени, чем надземные органы. По интенсивности биологического поглощения кадмий, свинец и никель относятся к элементам сильного поглощения и аккумулируются преимущественно в корнях растений борщевика. Медь и цинк входят в группу элементов энергичного поглощения и в наибольшей степени аккумулируются в надземных органах: стеблях и семенах растений борщевика [19]. По сравнению с разнотравными луговыми сообществами в почве под моносообществами борщевика отмечается более высокое содержание ионов легкорастворимых в воде соединений, а в условиях повышенной кислотности – более низкое содержание органического вещества в почве [20].

Роль биотических факторов в инвазивности борщевика Сосновского

Известно, что для успешной конкуренции в биоценозах растения используют различные механизмы. Одним из способов подавления конкурентов борщевиком Сосновского в процессе «захвата» территорий является мощное развитие листовой поверхности и практически полное перекрытие доступа света на поверхность почвы другим растениям. Однако на стадии зрелых семян борщевик Сосновского может быть уязвим. Эффект аннергии борщевика при этом связывают с активной выработкой фуранокумаринов в семенах и снижением их содержания в стеблях и листьях. В результате аллелопатическая активность борщевика снижается, в связи с чем он становится объектом паразитарного внедрения растительных видов, например, лиан колючеплодника лопастного *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray [21].

Плотный стеблестой и войлок засохшей травянисто-бурьянистой растительности является ограничивающим фактором для распространения борщевика [1]. Так, в условиях неповреждённой дернины в луговых сообществах молодые растения борщевика практически не встречаются [4, 22].

Процесс внедрения борщевика Сосновского в природные сообщества неразрывно связан с его взаимодействием с местной биотой. Одной из важнейших связей при этом является взаимодействие с опылителями и фитофагами [4]. В ходе исследования видового состава беспозвоночных фитофагов борщевика Сосновского в Республике Коми установлено незначительное различие в повреждаемости борщевика в зависимости от условий среды. Отмечается, что жизненный цикл фитофагов в ряде случаев отстаёт от фаз цветения и формирования семян, что значительно снижает регуляторную роль отмеченных беспозвоночных на численность и распространение борщевика Сосновского [23]. При исследовании насекомых, связанных с борщевиком, на территории Брянской области на цветах борщевика Сосновского было собрано 10 видов насекомых. Среди консортов идентифицированы клоп щавелевый (*Coreus marginatus*), клоп итальянский (*Graphosoma lineatum*), мохнатка обыкновенная (*Lagria hirta*), мягкотелка зонтичная (*Rhagonycha fulva*), семиточечная коровка (*Coccinella septempunctata*), ежемуха дождевых червей (*Pollenia rudis*), синяя муха красноголовая (*Calliphora erythrocephala*), оса французская (*Polistes gallicus*), чёрный садовый муравей (*Lasius niger*), муха принавозница (*Hylemyia* sp.) [4]. В ходе сравнительной оценки состава двукрылых насекомых, посещающих цветущие растения дудника лесного и борщевика Сосновского, произрастающих в непосредственной близости друг от друга, было выявлено, что не все двукрылые, типичные для аборигенного вида, способны использовать инвазионный вид [24]. Относительно небольшое число работ посвящено изучению консортивных связей борщевика Сосновского с насекомыми опылителями. Отмечается большее видовое разнообразие насекомых на соцветиях борщевика по сравнению с другими зонтичными растениями (*Seseli libanotis*). Это говорит о том, что борщевик Сосновского, за последние десятилетия активно внедрившийся в естественные сообщества Центральной России, способен эффективно конкурировать с местными видами зонтичных за привлечение насекомых-опылителей [25].

Как и любое растение, борщевик Сосновского вступает в тесную связь с почвенным микробным сообществом. В ходе исследования динамики заселения прикорневой зоны борщевика микроскопическими грибами и актиномицетами в процессе развития его проростков было установлено значимое участие мицелиальных бактерий в противодействии вторжению в ризосферу и ризоплану борщевика микроскопических грибов, среди которых много патогенных видов. Сделано предположение о том, что высокая инвазивность *H. sosnowskyi* может быть связана с высокой представленностью в ризосфере и ризоплане актиномицетов, для которых характерна антифунгальная активность [26].

При изучении влияния *H. sosnowskyi* на фототрофные микроорганизмы дерново-подзолистой почвы в почве под борщевиком было выявлено 25 видов микрофототрофов, на разнотравно-злаковом участке – 22. Коэффициент Жаккара сравниваемых участков был равен 42%. При этом установлено, что реакция микрофототрофов на *H. sosnowskyi* проявляется на видовом уровне [27].

В ходе исследования круглогодичной динамики численности и таксономического состава дрожжевых сообществ в дерново-подзолистых почвах под инвазивными зарослями борщевика Сосновского установлено, что они имеют существенные отличия от аборигенных дрожжевых сообществ под соседней луговой растительностью. В почвах обоих биотопов доминируют типичные эврибионтные виды дрожжей, при этом в почве под борщевиком доля аскомицетовых видов *Candida vartiovaarae* и *Wickerhamomyces anomalus* значительно меньше, а дрожжеподобных грибов, обладающих высокой гидролитической активностью, таких как *Trichosporon moniliiforme* и *T. porosum* – больше. Выявленные особенности объясняются тем, что в отличие от большинства аборигенных луговых трав борщевик не зимует с зелёными листьями, не происходит их постепенного отмирания с формированием полуразложившихся растительных остатков – основного источника питательных веществ для почвенно-подстилочного микробного комплекса. Кроме того, под борщевиком почти не развиваются травы нижнего яруса из-за сильного затенения и аллелопатического воздействия. Это препятствует развитию в почве типичных эпифитных копитрофных видов дрожжей [28].

Антропогенные факторы, определяющие инвазию борщевика Сосновского

Этап антропогенной инвазии борщевика начался сравнительно недавно. Его наступлению предшествовал захват экологически пригодных для роста территорий, установление границ вторичного ареала [29]. Таким образом, первоначальным толчком для распространения борщевика явились заброшенные сельскохозяйственные земли [3]. Меньшее проникновение и численность *H. sosnowskyi* отмечается в ненарушенных естественных местообитаниях. В настоящее время наибольшее количество очагов борщевика обнаруживается на участках, расположенных вдоль дорог по градиенту влажности [7, 30]. Распространение семян борщевика вдоль дорог отмечается даже в зимний период. Оно происходит посредством перемещения отломившихся зонтиков ветром. Следует отметить, что дальность перемещения зонтиков по ровной поверхности заледенелых дорог может составлять сотни метров [5]. К средствам распространения борщевика Сосновского вдоль дорог относят также авто- и железнодорожный транспорт [10].

Распространение засорённой жизнеспособными семенами борщевика Сосновского почвы является также значимым антропогенным фактором. Этот процесс может происходить, например, в ходе строительства. Часто источником распространения семян является человек. Семена в осенний, обычно дождливый период попадают с почвой в глубокие протекторы обуви и могут переноситься на большие расстояния [31].

Созданию новых сред для распространения борщевика Сосновского способствует вырубка лесов, строительство дорог, а также зданий. Так, быструю колонизацию борщевиком северных районов Европейской части России зачастую связывают с деградацией северо-таёжных лесов под действием массовых вырубок. Быстрорастущий неприхотливый мелколиственный подрост, формирующий мелколиственный лес (берёзово-осиновый) на месте сплошной вырубки через 10–15 лет, создаёт благоприятные условия для борщевика. Так, весной, пока на деревьях ещё нет листвы, солнечные лучи беспрепятственно проникают к земле и нагревают её гораздо раньше и сильнее, чем в сосняках или ельниках на той же широте. Это позволяет семенам борщевика проклюнуться и обзавестись полноценными фотосинтезирующими листьями, снабжаю-

щими растение веществом и энергией для дальнейшего роста и развития [11].

Меры борьбы с распространением борщевика Сосновского

Первые шаги на пути к разработке мер по борьбе с борщевиком Сосновского начались в 2015 г., когда он утратил статус сельскохозяйственной культуры и был внесён в Отраслевой классификатор сорных растений РФ [32].

К настоящему времени известен большой спектр способов борьбы с распространением борщевика Сосновского. В их основе лежат различные методы (механические, химические, биологические и прочие).

Для борьбы с небольшими популяциями или единичными особями борщевика Сосновского эффективны механические методы. К ним относят выкапывание и уничтожение стеблекорней, срезание или скашивание растений, удаление соцветий. При выкапывании стеблекорней с находящимися на них почками возобновления гибель растений составляет от 92,1 до 100% [33].

Известен также метод борьбы с борщевиком путём деформации свойственных для этого вида параметров циркадных ритмов. Метод основан на мульчировании вегетативного растения свежескошенной травой или другим сыпучим материалом (например, соломой). В результате листья борщевика под слоем мульчи постепенно теряют зелёную окраску, буреют и отмирают [34].

Одним из наиболее эффективных методов борьбы является термический (термическая прополка). Метод предполагает еженедельную обработку двух- и многолетних растений горячей водой (90–100 °С), что приводит к прекращению отрастания новых листьев и развития генеративного побега [35]. В качестве источника теплового воздействия используют не только воду, но и газовые горелки, инфракрасные нагреватели. Тепло, которое выделяется при этом, вызывает у растений тепловой шок [36]. Известен также электромеханический метод борьбы с борщевиком с помощью излучателя сверхчастот ИСЧ-19. Он позволяет уничтожать корни и семена борщевика [37].

Перспективным и экологичным направлением в борьбе с распространением борщевика на сельскохозяйственных угодьях является выращивание культур, способных конкурировать с ним. Значительные успехи в этом направлении достигнуты с отдельными

сортами топинамбура (Скороспелка, Интерес и Violet de Rennes), дающих высокий урожай зелёной массы (до 0,6 т/га) [38]. Для более крупных очагов распространения борщевика в качестве замещающих культур используют ель обыкновенную, а также сосну обыкновенную. Высаживают 3–10-летние саженцы с шагом 1–1,5 м с расстоянием между рядами 1–2 м. При смыкании крон замещающих культур происходит вытеснение борщевика Сосновского [39].

Учитывая тот факт, что на инвазивность борщевика Сосновского оказывает влияние плотность фитоценозов, в рамках борьбы с его распространением рекомендуют высевать на полях растительные виды, формирующие плотный травостой. Среди них щетинник сизый, овсяница луговая, ежа сборная, тимофеевка луговая, одуванчик лекарственный и другие виды [40, 41].

Разработан способ механического уничтожения борщевика путём восстановления ландшафта в ранневесенний период. Способ предполагает использование сплошного гибкого водопроницаемого материала с плотностью, обеспечивающей проникновение сквозь него корней задерживающих трав [42]. Спектр предлагаемых с этой целью материалов при этом достаточно широк [43].

Механическое скашивание эффективно для снижения плотности популяции борщевика. Максимальная гибель особей борщевика в процессе скашивания отмечается при 4–5-кратном кошении участка и составляет 8,6–12,1%. К механическому способу уничтожения борщевика относится также дискование и вспашка. Вспашку проводят весной, а после – дискование (4–5 раз за сезон) с перерывом в 25–30 дней [44, 45].

Практикуется вывоз грунта, засорённого жизнеспособными семенами борщевика Сосновского, в выработанные карьеры. После их заполнения засорённым семенами борщевика грунтом производится отсыпка их чистым от семян 20-см слоем почвы и создание на выровненной площадке плотного травостоя из многолетних видов злаковых трав (ежа сборная, тимофеевка луговая, райграс пастбищный). После временной консервации в течение 4–5 лет грунт может быть использован для благоустройства и озеленения территории [31].

Стравливание путём выпаса скота является ещё одним приёмом уничтожения борщевика Сосновского. С этой целью особенно эффективен выпас овец (20–30 овец на 1 га), коз, лошадей в период начала интенсивного роста растений борщевика [31].

Стратегия биологической борьбы с борщевиком включает поиск эффективных, безопасных и специфичных фитофагов или фитопатогенов, способных к самостоятельному распространению из точек интродукции для подавления целевых заносных (инвазивных) видов растений [46]. Известны способы уничтожения одновозрастных зарослей борщевика, заключающиеся в предварительном стимулировании местных насекомых к переходу на питание борщевиком. Стимулирование осуществляют путём выращивания пастернака посевного. После появления на зонтиках пастернака гусениц местных насекомых-вредителей, зонтики срезают и переносят в заросли борщевика [43].

Химические методы борьбы с борщевиком Сосновского заключаются в использовании гербицидов. Они предполагают обработку как поверхности почвы, так и листьев растений борщевика. Применять данный метод из-за токсичности препаратов целесообразно при обработке зарослей борщевика вблизи автомобильных трасс, железнодорожного полотна. Спектр предлагаемых гербицидов при этом достаточно широк (Магнум, Торнадо 500, Агностар и др.) [47, 48]. Например, ингибирование вегетативной массы борщевика Сосновского в зависимости от нормы внесения «Магнум» в первый год обработки составляет от 80,2 до 98,8%. При этом через год после внесения данного гербицида происходит активное зарастание участков злаковыми растениями (ежа сборная, тимофеевка луговая) на 33,2–67,8% [49]. Обработка гербицидами, как правило, более эффективна в период от начала отрастания борщевика до начала цветения [50, 51]. Менее агрессивным средством борьбы с борщевиком по сравнению с гербицидами является применение минеральных солей, например, хлорида натрия. Способ применения заключается в обработке молодого растения борщевика ранней весной растворами солей. Для уничтожения взрослых особей производится засыпание кристаллической соли в срезанный ствол борщевика [39, 52].

Заключение

Борщевик Сосновского является одним из самых агрессивных инвазивных видов, способных быстро распространяться и вытеснять местные виды растений, нарушая как природные, так и антропогенные экосистемы. Экологические факторы, включающие климатические и почвенные условия, межвидовые

связи, а также различные виды хозяйственной деятельности человека, определяют границы вторичного ареала борщевика Сосновского. В то же время действие экологических факторов в комплексе с высокой адаптивностью борщевика к различным условиям среды обитания инициируют естественную и антропогенную инвазию данного вида. В связи с этим для определения способа борьбы с борщевиком Сосновского важно учитывать не только эффективность мер (механические, физические, химические, биологические), но и роль экологических факторов, определяющих жизнеспособность данного растения.

Борьба с борщевиком Сосновского является сложной и длительной задачей, требующей учёта не только биологических особенностей борщевика, но и условий, которые складываются в местах его распространения. С помощью комплекса мер по борьбе с данным инвазивным видом можно снизить воздействие его на экосистему и предотвратить дальнейшее распространение борщевика Сосновского с целью сохранения биоразнообразия.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 1220401000325.

Литература

1. Кондратьев М.Н., Бударин С.Н., Ларикова Ю.С. Физико-экологические механизмы проникновения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в неиспользуемые агроэкосистемы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 2. С. 36–49.
2. Тамразова О.Б., Селезнев С.П., Тамразова А.В. Фитодерматиты у детей, вызванные борщевиком Сосновского // Педиатрия. Consilium Medicum. 2019. № 2. С. 53–57.
3. Садовникова Т.П., Ульянкина Т.Д., Снакин В.В. Опасный интродуцент: борщевик Сосновского // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2018. № 3 (155). С. 61–65.
4. Панасенко Н.Н. Некоторые вопросы биологии и экологии борщевика Сосновского // Российский журнал биологических инвазий. 2017. Т. 10. № 2. С. 95–106.
5. Krivosheina M.G., Petrosyan V.G., Ozerova N.A. Distribution of seeds of the giant hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) in the winter period // Russian Journal of Biological Invasions. 2020. V. 11. No. 4. P. 318–325.
6. Товстик Е.В., Адамович Т.А., Ашихмина Т.Я. Идентификация участков массового роста борщевика Сосновского с помощью спектральных индексов по данным Sentinel-2 // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 34–40.
7. Afonin A.N., Luneva N.N., Li Yu.S., Kotsareva N.V. Ecological-geographical analysis of distribution pattern and occurrence of cow-parsnip (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) with respect to area aridity and its mapping in european Russia // Russian Journal of Ecology. 2017. V. 48. No. 1. P. 86–89.
8. Abramova L.M., Golovanov Y.M., Rogozhnikova D.R. Sosnovsky hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden., Apiaceae) in Bashkortostan // Russian Journal of Biological Invasions. 2021. V. 12. No. 2. P. 127–135.
9. Ozerova N.A., Krivosheina M.G. Patterns of secondary range formation for *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* on the territory of Russia // Russian Journal of Biological Invasions. 2018. V. 9. No. 2. P. 155–162.
10. Антипина Г.С., Антипин В.К. Расселение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) по реке Лососинке (в пределах города Петрозаводска) // Hortus botanicus. 2019. Т. 14. С. 357–364.
11. Семенова И.С. Риск инвазии на примере распространения борщевика Сосновского // Тренды современной географии и географического образования: Материалы Всерос. научн.-практ. конф. с междунар. уч. Курск: Курский государственный университет, 2020. С. 108–114.
12. Прохоров В.Н., Ламан Н.А., Мишина М.Ю., Росоленко С.И., Тимофеева И.В. Экспресс-метод определения жизнеспособности семян борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Клеточная биология и биотехнология растений: Междунар. научн.-практ. конференция. Минск: Белорусский государственный университет, 2013. С. 177.
13. Маслова С.П., Малышев Р.В., Далькэ И.В. Влияние температуры на рост и энергетический баланс молодых тканей борщевика Сосновского в условиях Севера // Экология и география растений и растительных сообществ: Материалы IV междунар. научн. практ. конф. Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2018. С. 555–559.
14. Борщевик Сосновского. Чёрная книга флоры средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах средней России [Интернет-ресурс] <http://www.bookblack.ru/> (Дата обращения: 20.11.2022).
15. Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12–18.
16. Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Захойий И.Г., Мальцев Р.В., Тишин Д.В. Разработка модели переноса семян борщевика Сосновского воздушными потоками // Математическое моделирование в экологии: Материалы Шестой Национальной научн. конф. с междунар. уч. Пушино: ФИЦ РАН, 2019. С. 70–71.

17. Ozerova N.A., Shirokova V.A., Krivosheina M.G., Petrosyan V.G. The spatial distribution of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) in the valleys of big and medium rivers of the east european plain (on materials of field studies 2008–2016) // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. V. 8. No. 4. P. 327–346.
18. Мейсурова А.Ф., Забенкова С.В. Сравнительный анализ содержания металлов в вегетативных органах борщевика Сосновского на антропогенно-трансформированных территориях // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2020. № 2 (58). С. 111–128.
19. Товстик Е.В., Липатников А.Е., Зивенко М.В., Ашихмина Т.Я. Исследование накопления тяжёлых металлов растениями *Heracleum sosnowskyi* Manden. // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всеросс. научн.-практ. конф. с междунар. уч. Кн. 2. Киров: Вятский государственный университет, 2018. С. 175–178.
20. Товстик Е.В., Липатников А.Е. Влияние инвазии борщевика Сосновского на состояние почв // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество: Материалы V Междунар. научн.-практ. конф. Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2019. С. 333–338.
21. Павлов А.В., Баранова Н.Д., Шурупов Е.А. Аннергия инвазионных растений на примере борщевика Сосновского // Естествознание: исследование и обучение: Материалы научн.-практ. конф. Ярославль: Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, 2020. С. 246–254.
22. Balezentiene L., Stankeviciene A., Snieskiene V. *Heracleum sosnowskyi* (Apiaceae) seed productivity and establishment in different habitats of central Lithuania // Ecologyia. 2013. V. 59. No. 3. P. 123–133.
23. Пестов С.В., Филиппов Н.И. Фитофаги борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в условиях Республики Коми // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика: Материалы Всеросс. научн.-практ. конф., посвящённой 70-летию агрономического факультета. Киров: Вятская ГСХА, 2014. С. 149–151.
24. Кривошеина М.Г., Рихтер В.А. Мухи-тахины (Diptera: tachinidae) – опылители аборигенных и чужеродных видов зонтичных растений в Московской области (Россия) // Кавказский энтомологический бюллетень. 2015. Т. 11. № 1. С. 215–220.
25. Устинова Е.Н., Савина К.А., Лысенков С.Н. Новые данные о консортивных связях борщевика Сосновского с антофильными насекомыми // Российский журнал биологических инвазий. 2017. Т. 10. № 3. С. 98–112.
26. Товстик Е.В., Широких А.А., Широких И.Г. Микробные сообщества прикорневой зоны борщевика Сосновского // Вестник современных исследований. 2018. № 10.7 (25). С. 181–186.
27. Кондакова Л.В., Кислицына А.П. Влияние борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на фототрофные микроорганизмы почвы // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIX Всеросс. научн.-практ. конф. с междунар. уч. Киров: Вятский государственный университет, 2021. С. 213–216.
28. Glushakova A.M., Kachalkin A.V., Chernov I.Y. Soil yeast communities under the aggressive invasion of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48. No. 2. P. 201–207.
29. Лаптева Е.М., Захожий И.Г., Далькэ И.В., Смотрина Ю.А., Генрих Э.А. Влияние инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на плодородие постагрогенных почв Европейского Северо-Востока // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 66–73.
30. Арепьева Л.А., Арепьев Е.И., Казаков С.Г. Распространение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на южной границе вторичного ареала в европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. 2021. Т. 14. № 2. С. 2–15.
31. Ламан Н.А., Прохоров В.Н. Распространение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) при использовании плодородного слоя почвы со строительных площадок // Природные ресурсы. 2019. № 2. С. 113–121.
32. Отраслевой классификатор сорных растений: информ. издание. М.: ФГБНУ «Росиформагротех», 2018. 52 с.
33. Шкляревская О.А. Нормы внесения гербицида Магнум в борьбе с борщевиком Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Земледелие и растениеводство. 2017. № 5. С. 34–37.
34. Semchuk N.N., Balun O.V., Gladkikh S.N. Influence of deformation of circadian rhythms on changes in ontogenesis of *Heracleum sosnowskyi* Manden. plants // IOP conference series: earth and environmental science. 2021. Article No. 012090.
35. Антипина Г.С., Маганов И.А. Термическое воздействие как метод борьбы с борщевиком Сосновского // Hortus botanicus. 2018. Т. 13. С. 67–77.
36. Ivashchenko O., Makukh Ya., Remeniuk S., Moshkivska S., Riznyk V., Auškalnienė O., Kadžienė G. Non-chemical control methods of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Zemdirbyste-Agriculture. 2022. V. 109. No. 3. P. 269–276.
37. Кудрявцев А.В., Калинин И.С., Бабаев Ш.М., Голубев В.В. Результаты исследования воздействия излучателя ИСЧ-19 на свойства почвы при угнетении борщевика Сосновского // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. № 1 (42). С. 99–104.
38. Комаров А.А., Анушкевич Н.Ю. Способ уничтожения борщевика // Патент RU 2017126571А. Заявление: 2017126571, 24.07.2017. Дата публикации: 24.01.2019. Бюлл. 03.

References

39. Степанов Г.П. Способ уничтожения борщевика Сосновского // Патент RU 2706466С1. Заявление: 2019101296, 15.01.2019. Дата публикации: 19.11.2019. Бюлл. 32.

40. Чегодаева Н.Д., Маскаева Т.А., Лабутина М.В. Аллелопатическое влияние борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на культурные растения // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (Ч. 26). С. 5845–5849.

41. Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в России: современный статус и актуальность его скорейшего подавления // Вестник защиты растений. 2013. № 1. С. 29–43.

42. Кривошеина М.Г., Озерова Н.А. Способы уничтожения борщевика Сосновского // Патент RU 2556068 С1. Заявлени: 2014114043/13, 2014.04.10. Дата публикации: 10.07.2015. Бюлл. 19.

43. Чадин И.Ф., Далькэ И.В., Шелякин М.А., Габова Е.В. Способ борьбы с многолетними сорными растениями // Патент RU 2594517С2. Заявлени: 2015100417/13, 12.01.2015. Дата публикации: 20.08.2016. Бюлл. 23.

44. Мерзвинский Л.М., Высоцкий Ю.И. Анализ эффективности мероприятий по борьбе с инвазивными видами борщевика // Наука – образованию, производству, экономике: Материалы 72-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. С. 70–72.

45. Джабборов Н.И., Добринов А.В. Оценка эффективности использования почвообрабатывающего агрегата с кольцевыми рабочими органами в борьбе с борщевиком Сосновского // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 3 (108). С. 75–90.

46. Берестецкий А.О. Перспективы разработки биологических и биорациональных гербицидов // Вестник защиты растений. 2017. № 1 (91). С. 5–12.

47. Мотыль М., Гаранович И., Галынская Н., Титок В. Биорациональные гербициды –радикальное средство победы над борщевиком // Наука и инновации. 2013. № 6 (124). С. 67–70.

48. Бакей С.К., Мотыль М.М., Созинов О.В., Высоцкий Ю.И. Региональные особенности борьбы с инвазией видов золотарника средствами защиты растений в Беларуси // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 53–64.

49. Шкляревская О., Якимович Е. Стратегии борьбы с борщевиком // Наука и инновации. 2019. № 5 (195). С. 75–79.

50. Антипина Г.С., Маганов И.А. Опыт борьбы с борщевиком Сосновского // Защита и карантин растений. 2018. № 7. С. 30–32.

51. Куликова Н.А. Получение и масштабы применения гербицидов: история и современные тенденции // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 2. С. 52–68.

52. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова А.А. Борщевик Сосновского говорим нет! // Защита и карантин растений. 2016. № 9. С. 11–12.

1. Kondratiev M.N., Budarin S.N., Larikova Y.S. Physiological and ecological mechanisms of invasive penetration of sosnowskiy Hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) in unexploitable agroecosystems // Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2015. No. 2. P. 36–49 (in Russian).

2. Tamrazova O.B., Seleznev S.P., Tamrazova A.V. Htodermatitis in children caused by the sosnowski Hogweed // Pediatriya. 2019. No. 2. P. 53–57 (in Russian). doi: 10.26442/26586630.2019.2.190418

3. Sadovnikova T.P., Ulyankina T.D., Snakin V.V. Dangerous introduce: the *Heracleum sosnowskyi* Manden. // Ispolzovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii. 2018. No. 3 (155). P. 61–65 (in Russian).

4. Panasenko N.N. Some issues in biology and ecology of *Heracleum sosnowskyi* Manden. // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. V. 10. No. 2. P. 95–106 (in Russian).

5. Krivosheina M.G., Petrosyan V.G., Ozerova N.A. Distribution of seeds of the giant hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) in the winter period // Russian Journal of Biological Invasions. 2020. V. 11. No. 4. P. 318–325. doi: 10.1134/S2075111720040049

6. Tovstik E.V., Adamovich T.A., Ashikhmina T.Ya. Identification of sites of mass growth of *Heracleum sosnowskyi* Manden. using spectral indices according to Sentinel-2 images // Theoretical and Applied Ecology. 2019. No. 3. P. 34–40 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2019-3-034-040

7. Afonin A.N., Luneva N.N., Li Yu.S., Kotsareva N.V. Ecological-geographical analysis of distribution pattern and occurrence of cow-par snip (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) with respect to area aridity and its mapping in european Russia // Russian Journal of Ecology. 2017. V. 48. No. 1. P. 86–89. doi: 10.1134/S1067413617010039

8. Abramova L.M., Golovanov Y.M., Rogozhnikova D.R. Sosnovsky hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden., Apiaceae) in Bashkortostan // Russian Journal of Biological Invasions. 2021. V. 12. No. 2. P. 127–135. doi: 10.1134/S2075111721020028

9. Ozerova N.A., Krivosheina M.G. Patterns of secondary range formation for *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* on the territory of Russia // Russian Journal of Biological Invasions. 2018. V. 9. No. 2. P. 155–162. doi: 10.1134/S2075111718020091

10. Antipina G.S., Antipin V.K. Settlement of Hogweed sosnovsky (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) on the Lososinka river (within the city of Petrozavodsk) // Hortus botanicus. 2019. V. 14. P. 357–364 (in Russian). doi: 10.15393/j4.art.2019.6705

11. Semenova I.S. The risk of invasion on the example of the distribution of Hogweed sosnowski // Trendy sovremennoy geografii i geograficheskogo obrazovaniya: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konfer-

- entsii s mezhdunarodnym uchastiem. 2020. P. 108–114 (in Russian).
12. Prokhorov V.N., Laman N.A., Mishina M.Yu., Rosolenko S.I., Timofeeva I.V. Express method for determining the viability of seeds of Hogweed *sosnowski* (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Cell biology and plant biotechnology: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. 2013. P. 177 (in Russian).
13. Maslova S.P., Malyshev R.V., Dalke I.V. Effect of temperature on growth and energy balance of *Heracleum sosnowskyi* young tissues in the north // Ecology and geography of plants and vegetation communities: Materialy IV mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 2018. P. 555–559 (in Russian).
14. Borshchevik Sosnovskogo. Chernaya kniga flory sredney Rossii. Chuzherodnye vidy rasteniy v ekosistemakh sredney Rossii [Internet resource] <http://www.bookblack.ru/> (Accessed: 20.11.2022) (in Russian).
15. Luneva N.N. *Heracleum sosnowskyi* in the Russian Federation // Zashchita i karantin rasteniy. 2014. No. 3. P. 12–18 (in Russian).
16. Dalke I.V., Chadin I.F., Zakhozhiy I.G., Malyshev R.V., Tishin D.V. Development of a model for the transfer of seeds of Hogweed *sosnowski* by air currents // Mathematical modeling in ecology: Materialy VI Natsionalnoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. 2019. P. 70–71 (in Russian).
17. Ozerova N.A., Shirokova V.A., Krivosheina M.G., Petrosyan V.G. The spatial distribution of *Sosnowsky's* hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) in the valleys of big and medium rivers of the east european plain (on materials of field studies 2008–2016) // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. V. 8. No. 4. P. 327–346. doi: 10.1134/S2075111717040075
18. Meysurova A.F., Zabenkova S.V. Comparative analysis of metal content in the vegetative organs of the *Heracleum sosnowskyi* Manden. from agro- and urboecosystem // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: biologiya i ekologiya. 2020. No. 2 (58). P. 111–128 (in Russian). doi: 10.26456/vtbio154
19. Tovstik E.V., Lipatnikov A.E., Zivenko M.V., Ashikhmina T.Ya. Study of the accumulation of heavy metals by plants *Heracleum sosnowskyi* Manden. // Ecology of the native land: problems and ways to solve them: Materialy XIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii c mezhdunarodnym uchastiem. Book 2. 2018. P. 175–178 (in Russian).
20. Tovstik E.V., Lipatnikov A.E. Influence of invasion of Hogweed *sosnowski* on the state of soils // Anthropogenic transformation of geospace: nature, economy, society: priroda, khozyaystvo, obshchestvo: Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2019. P. 333–338 (in Russian).
21. Pavlov A.V., Baranova N.D., Shurupov E.A. Annergy of invasive plants on the example of Hogweed *sosnowski* // Natural Science: Research and Teaching: Materialy konferentsii “Chteniya Ushinskogo”. 2020. P. 246–254 (in Russian).
22. Balezentiene L., Stankeviciene A., Snieskiene V. *Heracleum sosnowskyi* (Apiaceae) seed productivity and establishment in different habitats of central Lithuania // Ekologija. 2013. V. 59. No. 3. P. 123–133. doi: 10.6001/ekologija.v59i3.2795
23. Pestov S.V., Filippov N.I. Phytophages of (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) in the Komi Republic // Topical issues of agricultural science: theory and practice: Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu agronomicheskogo fakulteta. 2014. P. 149–151 (in Russian).
24. Krivosheina M.G., Richter V.A. Tachinid flies (Diptera: Tachinidae), pollinators of aboriginal and alien species of the umbel plants (Apiaceae) in Moscow region (Russia) // Kavkazskiy entomologicheskii byulleten. 2015. V. 11. No. 1. P. 215–220 (in Russian).
25. Ustinova E.N., Savina K.A., Lysenkov S.N. New data on consortive associations of *Heracleum sosnowskyi* with anthophilous insects // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. V. 10. No. 3. P. 98–112 (in Russian).
26. Tovstik E.V., Shirokikh A.A., Shirokikh I.G. Microbial communities of the root zone of Hogweed *sosnowski* // Vestnik sovremennykh issledovaniy. 2018. No. 10.7 (25). P. 181–186 (in Russian).
27. Kondakova L.V., Kislitsyna A.P. Influence of (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) on phototrophic soil microorganisms // Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems: Materialy XIX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii c mezhdunarodnym uchastiem. 2021. P. 213–216 (in Russian).
28. Glushakova A.M., Kachalkin A.V., Chernov I.Y. Soil yeast communities under the aggressive invasion of *Sosnowsky's* hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48. No. 2. P. 201–207. doi: 10.1134/S1064229315020040
29. Lapteva E.M., Zakhozhiy I.G., Dalke I.V., Smotrina Y.A., Genrikh E.A. Influence of *Heracleum sosnowskyi* Manden. invasion on postagrogenic soil fertility in European North-East // Theoretical and Applied Ecology. 2021. No. 3. P. 66–73 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-066-073
30. Arepieva L.A., Arepiev E.I., Kazakov S.G. Distribution of *Sosnovsky* hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) on the southern border of the secondary range in the european part of Russia // Russian Journal of Biological Invasions. 2021. V. 14. No. 2. P. 2–15 (in Russian). doi: 10.35885/1996-1499-2021-14-2-2-15
31. Laman N.A., Prokhorov V.N. Distribution of *Sosnowsky's* hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) when using fertile soil layer from building sites // Natural resources. 2019. No. 2. P. 113–121 (in Russian).
32. Branch classifier of weeds: inform. edition. Moskva: FGBNU “Rosiformagrotekh”, 2018. 52 p. (in Russian).

33. Shklyarevskaya O.A. Rates of herbicides based on metsulfuron-methyl application for cow parsnip (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) control // Crop Farming and Plant Growing. 2017. No. 5. P. 34–37 (in Russian).
34. Semchuk N.N., Balun O.V., Gladkikh S.N. Influence of deformation of circadian rhythms on changes in ontogenesis of *Heracleum sosnowskyi* Manden. plants // IOP conference series: earth and environmental science. 2021. Article No. 012090. doi: 10.1088/1755-1315/852/1/012090
35. Antipina G.S., Maganov I.A. Thermal treatment as a method of controlling *Heracleum sosnowskyi* // Hortus botanicus. 2018. V. 13. P. 67–77 (in Russian). doi: 10.15393/j4.art.2018.5122
36. Ivashchenko O., Makukh Ya., Remeniuk S., Moshkivska S., Riznyk V., Auškalnienė O., Kadžienė G. Non-chemical control methods of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Zemdirbyste-Agriculture. 2022. V. 109. No 3. P. 269–276. doi: 10.13080/z-a.2022.109.034
37. Kudryavtsev A.V., Kalinin I.S., Babaev Sh.M., Golubev V.V. The effect of the ISCh-19 emitter on the properties of soil under the suppression of Sosnovsky hogweed // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2021. V. 68. No. 1 (42). P. 99–104 (in Russian). doi: 10.22314/2658-4859-2021-68-1-99-104
38. Komarov A.A., Anushkevich N.Yu. How to destroy hogweed // Patent RU 2017126571A. Application: 2017126571, 24.07.2017. Date of publication: 24.01.2019. Bull. 03 (in Russian).
39. Stepanov G.P. The method of destruction of hogweed Sosnovsky // Patent RU 2706466C1. Application: 2019101296, 15.01.2019. Date of publication: 19.11.2019. Bull. 32 (in Russian).
40. Chegodaeva N.D., Maskava T.A., Labutina M.V. Allelopathic influence of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) on cultivated plants // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. No. 2 (P. 26). P. 5845–5849 (in Russian).
41. Luneva N.N. *Heracleum sosnowskyi* in Russia: present status and relevance of its fastest suppression // Vestnik zashchity rasteniy. 2013. No. 1. P. 29–43 (in Russian).
42. Krivosheina M.G., Ozerova N.A. Methods for the destruction of hogweed Sosnovsky // Patent RU 2556068 C1. Application: 2014114043/13, 10.04.2014. Date of publication: 10.07.2015. Bull. 19 (in Russian).
43. Chadin I.F., Dalke I.V., Shelyakin M.A., Gabova E.V. Method of fighting permanent weeds // Patent RU 2594517C2. Application: 2015100417/13, 12.01.2015. Date of publication: 20.08.2016. Bull. 23 (in Russian).
44. Merzhvinsky L.M., Vysotsky Yu.I. Analysis of the effectiveness of measures to combat invasive hogweed species // Science – education, production, economics: Materialy 72-y Regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov. 2020. P. 70–72 (in Russian).
45. Dzhabborov N.I., Dobrinov A.V. Efficiency of the tillage implement with ring-shaped tools in the Sosnovsky's hogweed control // AgroEkoInzheneria. 2021. No. 3 (108). P. 75–90 (in Russian).
46. Berestetskiy A.O. Prospects for the development of biological and biorational herbicides // Vestnik zashchity rasteniy. 2017. No. 1 (91). P. 5–12 (in Russian).
47. Motyl M., Garanovich I., Galynskaya N., Titok V. Biorational herbicides as a radical means of defeating hogweed // Nauka i innovatsii. 2013. No. 6 (124). P. 67–70 (in Russian).
48. Bakei S.K., Motyl M.M., Sozinov O.V., Vysotsky Yu.I. Regional features of the control of the invasion of goldenrod species by means of plant protection in Belarus // Voprosy stepovedeniya. 2023. No. 1. P. 53–64 (in Russian). doi: 10.24412/2712-8628-2023-1-53-64
49. Shklyarevskaya O., Yakimovich E. Hogweed control strategies // Nauka i innovatsii. 2019. No. 5 (195). P. 75–79 (in Russian).
50. Antipina G.S., Maganov I.A. Experience of control of *Heracleum sosnowskyi* // Zashchita i karantin rasteniy. 2018. No. 7. P. 30–32 (in Russian).
51. Kulikova N.A. Obtaining and application of herbicides: history and current trends // Problemy agrokhimii i ekologii. 2020. No. 2. P. 52–68 (in Russian). doi: 10.26178/AE.2020.2019.4.016
52. Govorov D.N., Zhiviykh A.V., Shabelnikova A.A. We say no to Sosnovsky's hogweed! // Zashchita i karantin rasteniy. 2016. No. 9. P. 11–12 (in Russian).