

УДК 528.94:574.9

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В РОССИИ

© 2022 г. И. Ф. Петрова^а, *, Е. Г. Королева^б, **

^аИнститут географии РАН, Москва, Россия

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: shushkovo@mail.ru

**e-mail: koroleva@cs.msu.ru

Поступила в редакцию 08.12.2020 г.

После доработки 26.06.2022 г.

Принята к публикации 12.07.2022 г.

Инвазивный вид борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в настоящее время представляет опасность для здоровья, жизнедеятельности населения и экономики многих регионов России. Инвазивный потенциал этого вида не реализован. С высокой степенью вероятности это может привести к еще более масштабному распространению в десятках российских регионов. Для изучения особенностей актуального распространения борщевика Сосновского и тенденций расширения его ареала в будущем проведен эколого-географический анализ современного обилия, потенциала распространения и степени опасности вида на территории России. Потенциал распространения определяется гипотетически возможными площадями, которые вид способен заселить, наличием пригодных для этого местообитаний и масштабами их изменения. В расчетах учитывались показатели, значимые для распространения *H. sosnowskyi* и отраженные в национальной статистике: густота автомобильных и железных дорог, скорость роста плотности дорог за последние 10 лет, количество нежилых деревень, площади неиспользуемых сельскохозяйственных земель, густота речной сети. Современное и прогнозируемое распространение борщевика в регионах России показано на авторских картах, отражающих распространение и обилие вида, опасность его распространения в стране и в Центральном федеральном округе при разных сценариях развития социально-экономических условий. На сегодняшний день катастрофическая опасность угрожает 5, а очень высокая — 10 регионам России. В 7 субъектах Федерации борщевик потенциально может заселить более 80% территории. Предложенные подходы к оценке его распространения как инвазивного вида позволят обобщать, визуализировать и моделировать результаты долгосрочного мониторинга, необходимые для разработки мероприятий по контролю численности опасного чужеродного вида с учетом региональных особенностей.

Ключевые слова: инвазивный вид, борщевик Сосновского, опасность инвазии, оценка распространения вида, оценочное картографирование

DOI: 10.31857/S2587556622050090

ВВЕДЕНИЕ

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) представляет собой пример инвазионного вида, который расширил пределы своего естественного ареала (Большой Кавказ, юго-восток и восток Закавказья) и стал источником серьезной опасности для здоровья и жизнедеятельности населения многих регионов европейской части России, Белоруссии, Украины, Польши, Венгрии, прибалтийских государств. Запланированная еще в конце 1940-х годов широкомасштабная интродукция *H. sosnowskyi* как кормового растения, быстро закончившаяся прекращением его культивирования, неожиданно привела к активной инвазии этого вида на заброшенные

сельскохозяйственные угодья, придорожные полосы, дачные и огородные участки. Внедрение *H. sosnowskyi* на новые территории началось в европейской части России в 1970-х годах, а спустя десятилетие приобрело стихийный характер (Богданов и др., 2016; Далькэ и др., 2018; Лунева и др., 2014; Самые ..., 2018; собственные наблюдения авторов). Активное и стремительное распространение *H. sosnowskyi* в России в настоящее время приравнивается к экологическому бедствию. Для контроля и регулирования численности этого и других подобных инвазивных видов необходима постоянный мониторинг с применением геоинформационных методов.

Таблица 1. Балльная оценка современного обилия *H. sosnowskyi* в России и федеральных округах

Вербальная оценка обилия	Оценка обилия в баллах	Количество субъектов РФ*	Количество субъектов Федерации по округам							
			ЦФО	ЮФО	СКФО*	ПФО	СЗФО	СФО	УрФО	ДВФО
Отсутствует	1	16	—	2	—	1	1	4	—	8
Единичные экземпляры	2	31	4	6	3	6	2	2	5	3
Мало	3	15	4	—	1	3	2	4	1	—
Средне	4	12	8	—	—	4	—	—	—	—
Много	5	8	2	—	—	—	6	—	—	—

Примечание. * Для 3 субъектов достоверные данные об обилии борщевика отсутствуют (республики Дагестан, Ингушетия, Чечня).

Цель настоящей работы — эколого-географическая оценка современного и прогнозируемого распространения *H. sosnowskyi*, анализ опасностей распространения инвазий этого вида на территории субъектов Российской Федерации.

ЭКОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.

H. sosnowskyi — обычное растение горной флоры Грузии, Южной Осетии, Дагестана, Кабардино-Балкарии, Армении и Турции. Типичными его местообитаниями в этих странах являются поляны и лесные опушки буковых и пихтово-буковых лесов и берега рек, а также высокогорные луга субальпийского пояса и буковые кривоветья (Виноградова и др., 2010; Манденова, 1951). Светолюбивый вид *H. sosnowskyi* не растет под пологом темнохвойных лесов и избегает затененных местообитаний (Виноградова и др., 2010; Далькэ и др., 2018; Ламан и др., 2009; Лунева и др., 2013; Озерова, Широкова, 2016), предпочитает плодородные почвы, но может расти на бедных, кислых, а также неплодородных почвах (Богданов и др., 2011; Лунева, 2013, 2014). При высокой кислотности почв (рН солевой вытяжки = 4) борщевик погибает (Ткаченко и др., 1973). По отношению к влаге *H. sosnowskyi* — гидрофил (Афонин и др., 2017; Виноградова и др., 2018; Ламан и др., 2009; и др.), южная граница его произрастания соответствует гидротермическому коэффициенту (Афонин и др., 2017). Южнее он может обитать только на участках с хорошей водообеспеченностью (берега рек, водоемов, орошаемые земли), но переувлажнения не выносит и не встречается на болотах (Ламан и др., 2009; Моисеев, Александрова, 1968). Борщевик оказался холодостойким и морозостойким видом (Виноградова и др., 2010; Ламан и др., 2009), что позволило ему продвигаться в высокие широты, например в Республику Коми, г. Инта (66° с. ш.) или долину р. Печора (67.2° с. ш.) (Чадин и др., 2017). Предполагается, что потенциальный вторичный ареал *H. sosnowskyi* на севере

будет лимитироваться изолинией сумм активных температур от 800 до 1000°C (САТ с порогом 10°C за период с 01 мая по 31 августа) (Далькэ и др., 2018). Таким образом, достаточно высокая экологическая пластичность позволяет *H. sosnowskyi* обитать в широком диапазоне экологических условий. Дальнейшее распространение вида будет зависеть, помимо плотности уже имеющихся очагов заселения, от биологических и географических факторов (распространения семян, климатических характеристик, наличия пригодных местообитаний, отсутствия конкуренции с местными видами), а также региональных особенностей и степени хозяйственного освоения новых территорий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источниками данных о распространении *H. sosnowskyi* в России послужили литературные данные (Афонин и др., 2017; Богданов и др., 2011, 2016; Бочкарев и др., 2011; Виноградова и др., 2010; Лунева, 2014; Озерова, Кривошеина, 2018; Самые ..., 2018 и др.), интернет-источники¹, а также собственные наблюдения авторов. Собранный материал был проанализирован с целью характеристики современного обилия, потенциала распространения и степени опасности изучаемого инвазивного вида. На начальном этапе все субъекты Федерации были разделены на 5 групп в зависимости от современного обилия вида в пределах его вторичного ареала (табл. 1). Из-за отсутствия единообразных данных по всем субъектам Федерации была проведена экспертная оценка, учитывающая такие разнообразие по формату и точности показатели, как площади вторичных ареалов *H. sosnowskyi* (современные и в ретроспективе), количество обнаруженных местона-

¹ Определитель растений on-line Плантариум. <http://www.plantarium.ru> (дата обращения 01.04.2022); Очистим Подмосковье от борщевика вместе! <https://dobrodel.mosreg.ru/borshevik> (дата обращения 01.04.2022); Проект РИВР (Распространение инвазивных видов растений). <https://ib.komisc.ru/add/rivr/> (дата обращения 01.04.2022).

Таблица 2. Потенциально возможные для заселения *H. sosnowskyi* площади в России и федеральных округах

Потенциально возможные площади заселения <i>H. sosnowskyi</i>		Количество субъектов РФ	Количество субъектов Федерации по округам							
% от общей площади субъекта Федерации	Бальная оценка		ЦФО	ЮФО	СКФО	ПФО	СЗФО	СФО	УрФО	ДВФО
Менее 10.0	1	26	3	6	1	4	3	2	2	5
10.1–20.0	2	7	1	1	1	2	—	1	—	1
20.1–30.0	3	8	1	—	—	—	1	4	—	2
30.1–40.0	4	6	1	—	1	—	1	1	2	—
40.1–50.0	5	7	—	—	—	2	1	1	2	1
50.1–60.0	6	7	—	—	—	3	2	—	—	2
60.1–70.0	7	7	6	—	—	—	1	—	—	—
70.1–80.0	8	10	3	1	—	3	2	1	—	—
80.1–90.0	9	2	2	—	—	—	—	—	—	—
Более 90.1	10	5	1	—	4	—	—	—	—	—

хождений, статус в регионе, активность, вербальные (качественные) оценки. Если *H. sosnowskyi* обнаружен не был, субъекту Федерации присваивался 1 балл. В случае даже единичного упоминания о его наличии, присваивались 2 балла.

Далее для каждого субъекта Федерации была рассчитана балльная оценка потенциально возможных площадей, которые борщевик может заселить. С учетом экологических требований вида из общей площади субъекта исключались территории, не подходящие *H. sosnowskyi* (акватории, болота, хвойные леса, застроенные земли). Одновременно учитывались лимитирующие факторы распространения вида на севере (предел распространения по температуре) и на юге (предел распространения по влажности). Доля территорий субъектов Федерации, в пределах которых потенциально возможно распространение *H. sosnowskyi*, приведена в табл. 2.

После этих расчетов на основе собранных статистических данных² была выполнена вероятностная оценка дальнейшего распространения *H. sosnowskyi* в пределах субъектов Федерации.

² Всероссийская перепись населения 2002 года. Т. 1. Численность и размещение населения. <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=13> (дата обращения 04.04.2022); Всероссийская перепись населения 2010 года. Т. 1. Численность и размещение населения. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm (дата обращения 04.04.2022); Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. М.: ИИЦ «Статистика России», 2017. Т. 2. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по субъектам Российской Федерации. 1110 с.; Регионы России. Социально-экономические показатели. 2006: Стат. сб. М.: Росстат, 2007. 981 с.; Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. М.: Росстат, 2021. 1112 с.

Были выбраны наиболее существенные и одновременно достоверные и доступные для расчетов статистические показатели: густота автодорог (км на 1000 км²), скорость роста плотности автодорог за последние 10 лет (км на 1000 км² в год), густота железных дорог (км на 1000 км²), количество нежилых деревень (2010 г.), динамика изменения числа нежилых деревень, площади неиспользуемых сельскохозяйственных земель (в процентах от всех сельскохозяйственных земель), густота речной сети. Инфраструктурные показатели важны для большинства инвазийных видов растений и животных, а бывшие аграрные и селитебные территории играют существенную роль в расселении борщевика Сосновского, что и сделало его опасным чужеродным видом. Поскольку картографирование и оценивание проводилось на всю территорию России, отдельные биологические особенности вида, более проявляемые на локальном и региональном уровнях, было невозможно учесть в мелкомасштабном формате. Тем не менее, основные черты экологии исследуемого вида — широкая толерантность к экологическим факторам, эвритопность, гелиофитность, автохория и анемохория — были заложены в методику.

Каждому из перечисленных показателей присваивались балльные значения (табл. 3). Итоговая оценка определялась произведением балльной оценки потенциально возможных площадей для *H. sosnowskyi* в пределах каждого субъекта федерации, показателей предпочитаемых местообитаний и тенденций их изменения. На основе полученных итоговых показателей было проведено ранжирование субъектов по степени опасности распространения *H. sosnowskyi*: отсутствует или

Таблица 3. Бальная оценка показателей, влияющих на скорость распространения *H. sosnowskyi*

Балл	Густота автодорог, 2016 г., км на 1000 км ²	Густота ж/д, 2016 г., км на 1000 км ²	Скорость увеличения плотности автодорог, км на 1000 км ² в год	Количество неиспользуемых с/х земель, % от всех с/х земель	Количество нежилых деревень, 2010 г., ед.	Темпы изменения количества нежилых деревень, ед./год	Густота речной сети, км на км ²
1	0–50	0–50	Менее 5.0	Менее 5.0	Менее 49	Увеличение или уменьшение до 10.0	Менее 0.20
2	51–100	51–100	5.1–10.0	5.1–10.0	50–99	10.1–20.0	0.20–0.29
3	101–150	101–150	10.1–15.0	10.1–15.0	100–149	20.1–30.0	0.30–0.39
4	151–200	151–200	15.1–20.0	15.1–20.0	150–199	30.1–40.0	0.40–0.49
5	201–250	201–250	20.1–25.0	20.1–25.0	200–249	40.1–50.0	0.50–0.59
6	251–300	251–300	25.1–30.0	25.1–30.0	250–299	50.1–60.0	0.60–0.69
7	301–350	301–350	30.1–35.0	30.1–35.0	300–349	60.1–70.0	0.70–0.79
8	351–400	351–400	35.1–40.0	35.1–40.0	350–399	70.1–80.0	0.80–0.89
9	401–450	401–450	40.1–45.0	40.1–45.0	400–449	80.1–90.0	0.90–0.99
10	Более 451	Более 451	Более 45.1	Более 45.1	Более 450	Более 90.1	Более 1.00

незначительная, низкая, средняя, высокая, очень высокая, катастрофическая (всего 6 градаций).

Далее была составлена карта современного обилия *H. sosnowskyi* и потенциала его распространения в РФ (рис. 1). В матричной легенде цветом показано современное обилие *H. sosnowskyi*, штриховкой – потенциал его распространения. Карта опасности распространения *H. sosnowskyi* в РФ представлена на рис. 2. Карта опасности распространения *H. sosnowskyi* в ЦФО при учете изменений социально-экономических условий дана на рис. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка обилия. Результаты оценки современного обилия *H. sosnowskyi* в России и Центральном федеральном округе приведены в табл. 1.

Результаты табл. 1 наглядно свидетельствуют, что в настоящее время *H. sosnowskyi* встречается в большинстве регионов России; проблема его появления и распространения неактуальна только для 16 субъектов Федерации. В 8 субъектах федерации обилие борщевика оценивается как высокое. Такому быстрому укоренению *H. sosnowskyi* на новых территориях способствуют высокие скорости его распространения. Например, в 2002–2005 гг. в Чехии средняя скорость продвижения борщевика составила около 10 м/год, при этом площадь зарослей ежегодно увеличивалась

более чем на 1200 м², а число локалитетов удваивалось каждые 14 лет (Nielsen et al., 2005).

По данным ряда авторов, *H. sosnowskyi* ежегодно способен заселить от 5–7 до 10% и более новых территорий (Богданов и др., 2016; Лунева и др., 2014; Bierzins et al., 2003). В прогнозе В.Л. Богданова с соавт. (2011) к 2023 г. *H. sosnowskyi* может разрастись на 25–30% природных ландшафтов и на 15–20% сельскохозяйственных земель. Прогнозы на более длительный период еще более неутешительны. Так, Д.В. Бочкарев с соавт. (2011) предположили, что к 2050 г. при отсутствии активных мер борьбы *H. sosnowskyi* распространится на всю территорию Подмоскovie (кроме лесов, болот, ежегодно обрабатываемых сельхозугодий и площадей, занятых асфальтобетонными покрытиями).

Для оценки опасности распространения *H. sosnowskyi* по субъектам Федерации необходимо оценить потенциально возможные площади, которые он может заселить в пределах каждого региона, а также тенденции их изменения (см. табл. 2).

Потенциал распространения борщевика выглядит внушительным. Он способен занять более половины территории в 31 субъекте Федерации, а в 7 субъектах он будет встречаться практически повсеместно (более 80% территории). Исходя из экологических предпочтений *H. sosnowskyi*, можно предположить, что в первую очередь им будут заняты следующие местообитания: полосы отво-

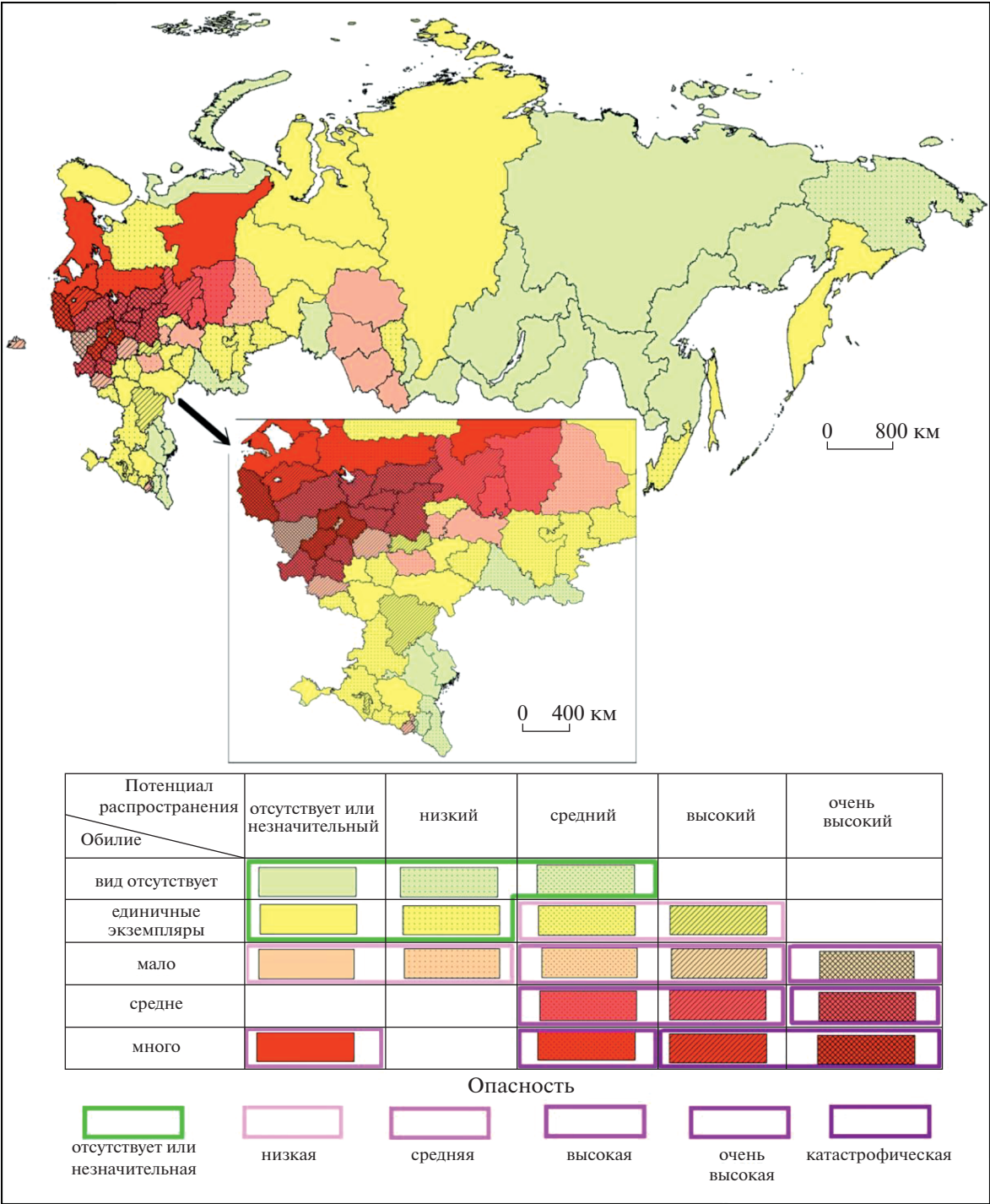


Рис. 1. Современное обилие *H. sosnowskyi* и потенциал его распространения в России.

да железных и автомобильных дорог; просеки вдоль ЛЭП и трубопроводов; берега водоемов; необрабатываемые сельскохозяйственные земли и заброшенные земельные участки; свалки, кладбища; маргинальные территории и опушки леса. Расчеты площадей этих местообитаний в динами-

ческом аспекте позволяют более точно оценить потенциальную опасность расселения борщевика. Основой послужила имеющаяся информация по структуре и динамике землепользования, с помощью которой была рассчитана балльная оценка показателей, влияющих на процесс распространения

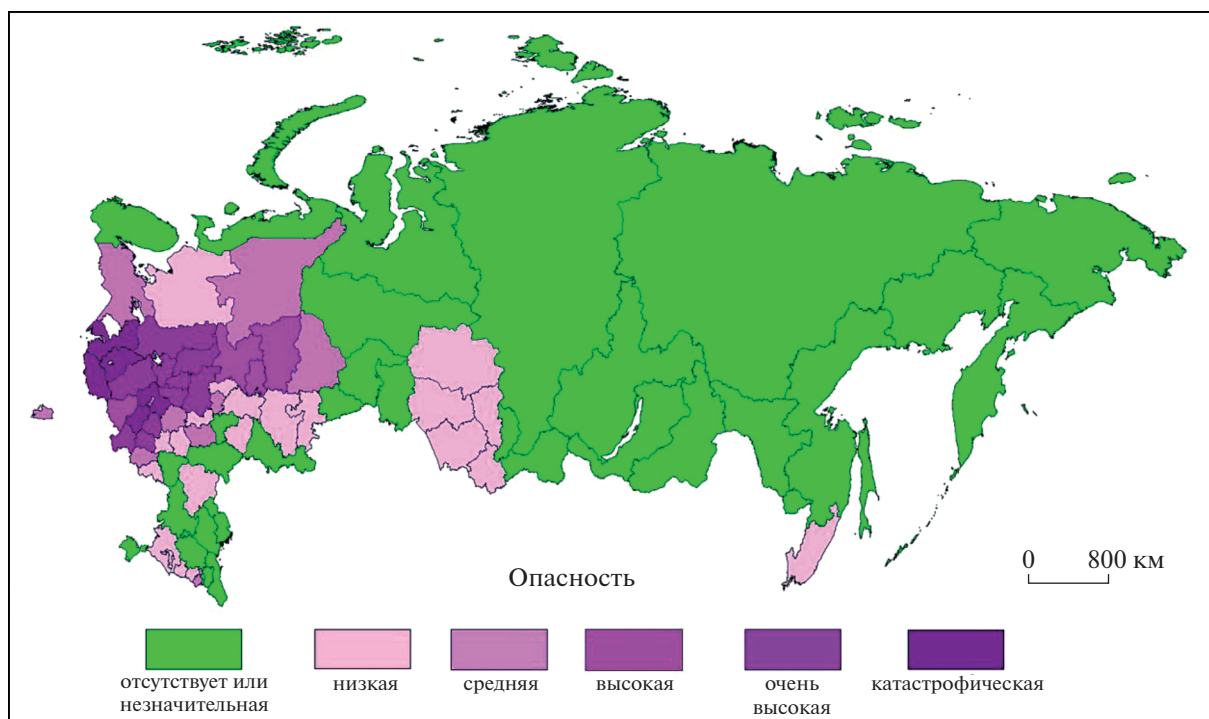


Рис. 2. Опасность распространения *H. sosnowskyi* в России.

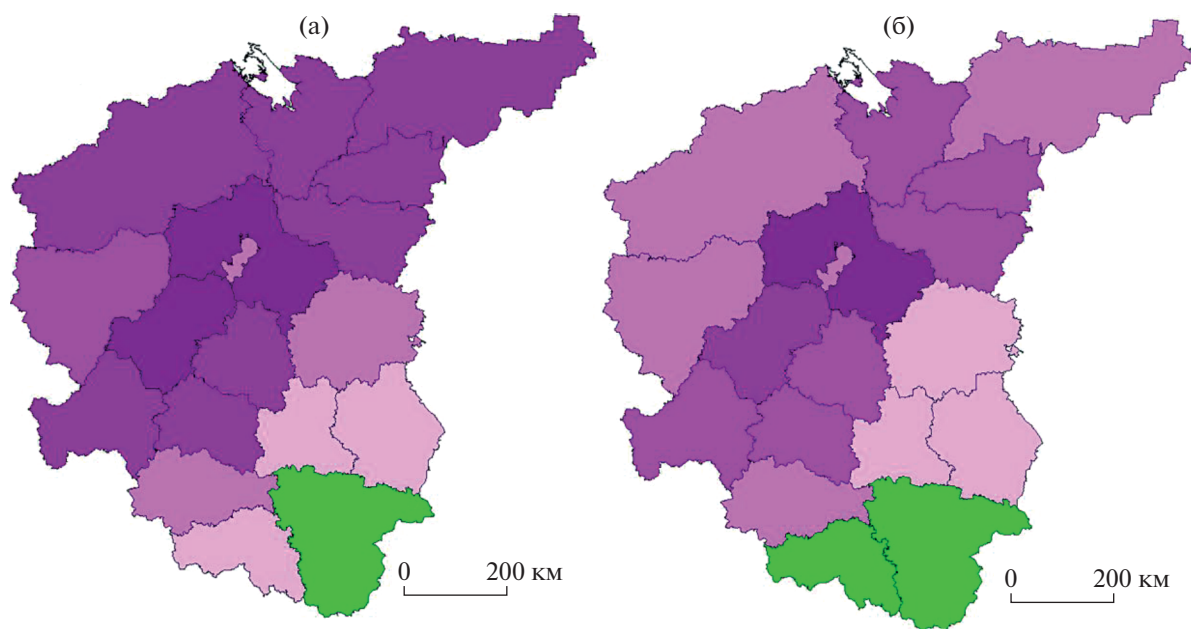


Рис. 3. Опасность распространения *H. sosnowskyi* в ЦФО: (а) при сохранении современных тенденций; (б) при учете потенциальных изменений социально-экономических условий. Условные обозначения см. на рис. 2.

борщевика Сосновского (см. табл. 3), и показана степень опасности распространения этого вида (см. рис. 1).

Потенциал распространения *H. sosnowskyi* при сходных показателях его обилия различается в

разных субъектах Федерации. Например, регионы ЦФО с единичными экземплярами борщевика, расположенные на юго-востоке округа, оцениваются низким (Воронежская и Липецкая области) или средним (Белгородская и Тамбовская

области) потенциалом. Очень высокий потенциал распространения отмечен для регионов и с высоким обилием (Московская, Псковская и Калужская области) и со средним и даже низким обилием.

С учетом современного обилия и потенциала распространения оценивалась опасность распространения *H. sosnowskyi* (см. рис. 2). Соотношение грааций опасности с обилием вида и потенциалом его распространения приведены в легенде к карте (см. рис. 1).

Опасность отсутствует или оценивается как незначительная в случаях отсутствия вида или наличия его единичных экземпляров при незначительном или низком потенциале распространения. Опасность оценивается как низкая в случаях наличия единичных экземпляров при среднем и высоком потенциале распространения, или при небольшом обилии и незначительном или низком потенциале распространения. Средняя опасность отмечается в случаях сочетания небольшого обилия со средним и высоким потенциалами распространения или высокого обилия при незначительном потенциале распространения. Высокая опасность отмечается в случаях: высокого обилия и низкого потенциала распространения, среднего обилия при среднем и высоком потенциале распространения, небольшого обилия при очень высоком потенциале распространения. Очень высокая опасность отмечается в случаях высокого обилия при среднем потенциале распространения и среднего обилия при очень высоком потенциале распространения. При катастрофической опасности высокое обилие борщевика сопровождается высоким и очень высоким потенциалом его распространения.

На сегодняшний день катастрофическая опасность угрожает 5 субъектам Российской Федерации: Калужской, Ленинградской, Московской, Новгородской и Псковской областям. Очень высокая опасность грозит десяти областям: Брянской, Владимирской, Вологодской, Ивановской, Костромской, Нижегородской, Орловской, Тверской, Тульской, Ярославской. Еще в 4 субъектах опасность оценивается как высокая: Смоленская и Кировская области, Пермский край и республика Удмуртия.

Эти оценки учитывают существующие в настоящее время социально-экономические векторы развития. При других сценариях, например, при выполнении требований законов Российской Федерации об изъятии неиспользуемых сельскохозяйственных земель и попадания их в категорию используемых, эти земли можно будет исключить из расчетов. В случае изменения экономической ситуации в сельском хозяйстве и последующем возрождении сельских поселений, можно исключить показатели по нежилым дерев-

ням. В этом варианте, например, в ЦФО останется один субъект с катастрофической опасностью (Московская область) и один субъект с очень высокой опасностью (Калужская область) (см. рис. 3). На юге и юго-востоке ЦФО в четырех областях (Курская, Воронежская, Липецкая и Тамбовская области) показатели опасности не изменятся.

Площади земель, потенциально пригодных для заселения *H. sosnowskyi*, зависят не только от социально-экономических факторов, но и от климатических, поскольку этот вид чувствителен к температуре и увлажнению. Это открывает перспективы профилактических действий и долгосрочного прогнозирования опасности распространения *H. sosnowskyi* с учетом климатических изменений.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представленные оценки распространения и карты дают сравнительную характеристику опасности распространения *H. sosnowskyi* в субъектах Федерации. Дальнейшее углубление исследований и их картографическую интерпретацию целесообразно проводить в более крупном масштабе для отдельных субъектов Российской Федерации и муниципальных образований. Примерами исследований и картографирования вида на локальном уровне могут служить работы прибалтийских ученых (Gavrilova and Rose, 2005; Mežaka et al., 2016). Разработанная европейскими учеными количественная оценка опасности инвазий чужеродных видов в разных типах местообитаний (Chitry et al., 2009a, b) может быть также в дальнейшем применена к отдельным региональным исследованиям в России.

Хотя к настоящему времени опубликован ряд карт и схем, отражающих обилие *H. sosnowskyi* в отдельных регионах России, имеющиеся материалы пока сложно интегрировать в единый картографический продукт из-за использования разных подходов к картографированию. Например, карты Москвы и Московской области выполнены методом картограмм по административным районам (Мышляков, Артемова, 2022), а карты Брянской области — методом формальных квадратов (Панасенко, 2016). Аналогичные затруднения наблюдаются и при анализе литературы, поскольку многие авторы приводят данные по инвазионным видам, привязанные к разного рода регионам, территориально не совпадающим с административными единицами (Морозова, Тишков, 2021). Использование административных единиц в качестве базовых перспективно с точки зрения организации мониторинга и проведения мероприятий по уничтожению борщевика и предотвращению его дальнейшего распространения.

Еще одной проблемой является быстрое устаревание данных об актуальном распространении *H. sosnowskyi*. Поэтому большое информационное значение приобретают интернет-ресурсы, основанные на краудсорсинге. Примерами могут служить проекты РИВР (Распространение инвазивных видов растений на примере борщевика Сосновского)³; “Очистим Подмоскovie от борщевика вместе!”⁴ (2022) и некоторые другие. Перспективно создание единого банка информации по адвентивным видам растений (Морозова, 2003).

Оценка территорий, потенциально пригодных для заселения *H. sosnowskyi*, может также проводиться на основе средне- и крупномасштабных тематических карт (почвенной, геоботанической, ландшафтной). С их помощью можно оценить устойчивость растительных сообществ к инвазиям борщевика. Подобные исследования пока еще единичны, и одним из примеров может служить оценка устойчивости растительных сообществ республики Коми к инвазии *H. sosnowskyi* (Моделирование ..., 2015).

При крупно- и среднемасштабном моделировании распространения *H. sosnowskyi* необходимо учитывать также климатические характеристики территории исследования. Существует статистически значимая взаимосвязь распространения борщевика со следующими биоклиматическими параметрами: среднегодовой температурой воздуха, средней амплитудой дневной температуры, максимальной температурой самого теплого месяца, минимальной температурой самого холодного месяца, амплитудой годовой температуры, годовым количеством осадков, количеством осадков за самый влажный и за самый сухой месяц, изменчивостью количества осадков и др. (Чадин и др., 2017а, б). При оценке возможных путей переноса семян *H. sosnowskyi* следует оценивать расстояния до уже существующих очагов, ближайших автомобильных и железных дорог, границ заброшенных сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов. Все это открывает перспективы долгосрочного моделирования опасности распространения борщевика с учетом климатических изменений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инвазивный вид — борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) расширил границы своего естественного ареала и стал представлять серьезную опасность для здоровья и жизнедеятельности населения большинства регионов

России. В восьми субъектах Российской Федерации обилие борщевика в настоящее время оценивается как высокое.

Не до конца реализованный потенциал *H. sosnowskyi* с большой вероятностью может привести к еще более масштабному распространению этого вида (от 50 до 80% занятой территории) в десятках российских регионов. В 7 субъектах Российской Федерации он потенциально может заселить более 80% территории.

Катастрофическая опасность массового внедрения борщевика особенно серьезно угрожает 5 регионам России: Калужской, Ленинградской, Московской, Новгородской и Псковской областям. Еще 14 областей находится в зоне очень высокой и высокой опасностей. Для этих регионов необходимы крупномасштабные исследования биотопов с учетом проявления биологических особенностей вида в конкретных экологических условиях.

Предложенные методики оценки современного обилия, потенциала распространения и степени опасности *H. sosnowskyi* позволяют визуализировать и моделировать результаты долгосрочного мониторинга этого агрессивного инвазивного вида, что в Российской Федерации позволит адекватно и своевременно разрабатывать мероприятия по контролю его численности.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена в рамках тем госзаданий № AAAA-A19-119022190168-8 Института географии РАН и № 121051100137-4 географического факультета МГУ.

FUNDING

The article was prepared within the framework of the state assignments no. AAAA-A19-119022190168-8 of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences and no. 121051100137-4 of the Faculty of Geography of Moscow State University.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афонин А.Н., Лунева Н.Н., Лис Ю.С., Коцарева Н.В. Эколого-географический анализ распространения и встречаемости борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в связи со степенью аридности территорий и его картирование для европейской территории России // Экология. 2017. № 1. С. 66–69.
- Богданов В.Л., Николаев Р.В., Шмелева И.В. Инвазия экологически опасного растения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) на территории европейской части России // Региональная экология. 2011. № 1–2 (31). С. 43–52.
- Богданов В.Л., Постернак Т.С., Пасько О.А., Ковязин В.Ф. Проблемы засорения земель экологически опасными растениями и меры борьбы с ними // Земле-

³ Проект РИВР (Распространение инвазивных видов растений). <https://ib.komisc.ru/add/rivr/> (дата обращения 01.04.2022).

⁴ Очистим Подмоскovie от борщевика вместе! <https://dobrodel.mosreg.ru/borshevik> (дата обращения 01.04.2022).

- устройство: Наука и практика. Секция 9. 2016. С. 719–722.
- Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Смолин Н.В. Трансформация пойменно-лугового фитоценоза при внедрении в него адвентивного сорного вида — борщевика Сосновского // Вест. Алтайского гос. агр. ун-та. 2011. № 7 (81). С. 36–40.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
- Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Захожий И.Г., Малышев Р.В., Маслова С.П. Моделирование географических пределов распространения *Heracleum sosnowskyi* Manden. в таежной зоне европейской части России / Экология и география растений и растительных сообществ: Материалы IV Межд. науч. конф. (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; Гуманитарный ун-т, 2018. С. 219–224.
- Ламан Н.А., Прохоров В.Н., Масловский О.М. Гигантские борщевики — опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси. Минск: Изд-во Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, 2009. 40 с.
- Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в России: современный статус и актуальность его скорейшего подавления // Вестн. защиты растений. 2013. № 1. С. 29–43.
- Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12–18.
- Манденова И.П. Борщевик — *Heracleum* L. / Флора СССР. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 17. С. 223–259.
- Моделирование распространения семян и образования новых ценопопуляций инвазионного вида *Heracleum sosnowskyi* Manden. в агроклиматической зоне Республики Коми. Развернутый научный отчет по проекту № 13-4-028-КНЦ ориентированных фундаментальных исследований УрО РАН в 2013–2015 гг. <http://gis.rkomi.ru> (дата обращения 23.03.2022).
- Моисеев К.А., Александрова М.И. Борщевик Сосновского. Сыктывкар: Изд-во Института биологии КОМИ филиал АН СССР, 1968. 12 с.
- Морозова О.В. База данных по адвентивным видам растений (AliS) и перспективы создания единого банка информации // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Материалы науч. конф. (Тула, 15–17 мая 2003 г.). М.: Ботан. сад МГУ; Тула: Гриф и К', 2003. С. 72–73.
- Морозова О.В., Тишков А.А. Чужеродные виды растений российской Арктики: пространственное разнообразие, коридоры и локальные инвазии // Рос. журн. биол. инвазий. 2021. № 3. С. 50–62.
- Мышляков С.Г., Артёмов А.И. Картографирование мест произрастания борщевика Сосновского по космическим снимкам Sentinel 2. “Геопортал распространения борщевика Сосновского”. ООО “Компания СОВЗОНД”. <https://sovzond.ru> (дата обращения 20.03.2022).
- Озерова Н.А., Кривошеина М.Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // Рос. журн. биол. инвазий. 2018. № 1. С. 78–87.
- Озерова Н.А., Широкова В.А. Инвазия эндемика Кавказа борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) в экосистемы пойм рек Европейской равнины // Грозненский естественнонаучный бюл. 2016. № 4 (4). С. 66–78.
- Панасенко Н.Н. Некоторые вопросы биологии и экологии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) // Рос. журн. биол. инвазий. 2017. № 2. С. 95–106.
- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. 688 с.
- Ткаченко Ф.М., Синицына А.П., Чубарова Г.В. Силосные культуры. М.: Колос, 1974. 284 с.
- Чадин И.Ф., Далькэ И.В., Захожий И.Г., Малышева Р.В., Мадид Е.Г., Кузванова О.А., Кириллов Д.В., Елсак В.В. Информационная система “Распространение инвазивных видов растений”: опыт сбора данных о распространении борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) и их публикации в GBIF // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях: Материалы междунар. научно-практ. конф. Тез. докл. Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2017а. С. 127–129.
- Чадин И.Ф., Далькэ И.В., Захожий И.Г., Малышев Р.В., Мадид Е.Г., Кузванова О.А., Кириллов Д.В., Елсак В.В. Моделирование географического распространения борщевика сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на территории европейского северо-востока России // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2017б. С. 38–42.
- Bērziņš A., Oļukalns A., Lapiņš D., Lejiņš A., Sprincina A., Gavrilova Ģ., Liguts V. Latvānis (*Heracleum*) un tā izplatība Latvijā [Distribution of hogweed (*Heracleum*) in Latvia] // Agronomijas Vēstis. 2003. № 5. P. 86–93.
- Chytrý M., Pyšek P., Wild J., Pino J., Maskell L.C., Vilà M. European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats // Diversity and Distributions. 2009a. № 15. P. 98–107.
- Chytrý M., Wild J., Pyšek P., Tichý L., Danihelka J., Knoll-ová I. Maps of the level of invasion of the Czech Republic by alien plants // Preslia. 2009b. № 81. P. 187–207.
- Gavrilova Ģ., Roze I. Species of genus *Heracleum* L. and their distribution in Latvia // 3rd Intern. conf. “Research and conservation of biological diversity in Baltic region”, Book of abstract. Daugavpils: Daugavpils Univ., 2005. P. 56.
- Mežaka A., Zvaigzne A., Tripāne E. *Heracleum sosnowskyi* Manden. Monitoring in protected areas — a case study in Rēzekne municipality // Latvia. Acta Biol. Univ. Daugavp. 2016. № 16 (2). P. 181–189.
- Nielsen C., Ravn H.P., Nentwig W., Wade M. The giant hogweed best practice manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Hoersholm, Denmark: Forest and Landscape Denmark, 2005. 44 p.

Assessment of the Distribution of Sosnowsky's Hogweed in Russia

I. F. Petrova¹, * and E. G. Koroleva², **

¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: shushkovo@mail.ru

**e-mail: koroleva@cs.msu.ru

An invasive species of Sosnowsky's Hogweed (*Hheraculum sosnowskyi* Manden.) currently poses a serious threat to the health, livelihoods of the population and the economy of most regions of Russia. Not fully realized potential of this species is likely to lead to an even larger distribution of Sosnowsky's Hogweed in dozens of Russian regions. In order to study the features of the current distribution of Sosnowsky's Hogweed and the trends in expanding its range in the future, an ecological and geographical analysis of the current abundance, distribution potential, and degree of danger of the studied invasive species in Russia was carried out. The distribution potential is determined by the hypothetically possible areas that the species is able to populate, the presence of preferred habitats and trends in their change. The calculations took into account indicators that are significant for the distribution of *H. sosnowskyi* and reflected in national statistics: the density of roads and railways, the growth rate of road density over the past 10 years, the number of abandoned villages and their trends, the area of unused agricultural land, the density of the river network. The current and predicted distribution of Sosnowsky's Hogweed in Russian regions is shown on the authors' maps, reflecting the abundance of *H. sosnowskyi*, the danger of its distribution in the federal subjects and separately in the Central Federal District under different scenarios for the development of socioeconomic conditions. To date, catastrophic danger threatens five, and very high danger threatens ten Russian regions. In seven federal subjects, this species can potentially populate more than 80% of the territory. The proposed approaches to assessing the distribution of Sosnowsky's Hogweed as an invasive species will allow visualizing and modeling the results of its long-term monitoring, which will contribute to the adequate and timely development of measures to control the number of a dangerous alien species.

Keywords: invasive species, danger of invasion, *H. sosnowskyi*, species distribution estimate, evaluation mapping

REFERENCES

- Afonin A.N., Luneva N.N., Lis Yu.S., Kosareva N.V. Ecological and geographical analysis of the distribution and occurrence of Sosnowsky's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden) in connection with the degree of aridity of territories and its mapping for the European territory of Russia. *Ekol.*, 2017, no. 1, pp. 66–69. (In Russ.).
- Bērziņš A., Oļukalns A., Lapiņš D., Lejiņš A., Sprincina A., Gavrilo G. and Liguts V. Distribution of hogweed (*Heracleum*) in Latvia. *Agronomijas Vēstis*, 2003, LLMZA, no. 5, pp. 86–93. (In Latvian).
- Bochkarev D.V., Nikol'skii A.N., Smolin N.V. Transformation of floodplain-meadow phytocenosis with the introduction of an adventive weed species – Sosnowsky's Hogweed. *Vestn. Altaiskogo Gos. Agrar. Univ.*, 2011, no. 7 (81), pp. 36–40. (In Russ.).
- Bogdanov V.L., Nikolaev R.V., Shmeleva I.V. Invasion of the ecologically dangerous plant Sosnowsky's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden) on the territory of the European part of Russia. *Reg. Ekol.*, 2011, nos. 1–2 (31), pp. 43–52. (In Russ.).
- Bogdanov V.L., Posternak T.S., Pas'ko O.A., Kovyazin V.F. Problems of land contamination with environmentally dangerous plants and measures to combat them. *Zemle-ustroistvo: Nauka i Praktika*, 2016, no. 9, pp. 719–722. (In Russ.).
- Chadin I.F., Dal'ke I.V., Zakhozhi I.G., Malyshev R.V., Madi E.G., Kuzivanova O.A., Kirillov D.V., Elsakov V.V. Modeling the geographical spread of the Sosnowsky's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) on the territory of the European North-East of Russia. In *Biodiagnostika sostoyaniya prirodnikh i prirodno-tekhnogennykh sistem. Mat. XV Vseross. nauchn.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem* [Biodiagnostics of the State of Natural and Man-Made Systems. Proc. XV All-Russian Sci. Pract. Conf.]. Kirov: Vyatski Gos. Univ., 2017, vol. 1, pp. 38–42. (In Russ.).
- Chadin I.F., Dal'ke I.V., Zakhozhi I.G., Malysheva R.V., Madi E.G., Kuzivanova O.A., Kirillov D.V., Elsakov V.V. Information system "Distribution of invasive plant species": experience in collecting data on the distribution of Sosnowsky's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) and publishing them in GBIF. In *Ispol'zovanie sovremennykh informatsionnykh tekhnologii v botanicheskikh issledovaniyakh* [Use of Modern Information Technologies in Botanical Research]. Apatity: Kol'skii Nauchn. Tsentr RAN, 2017, pp. 127–129. (In Russ.).
- Chytrý M., Pyšek P., Wild J., Pino J., Maskell L.C., Vilà M. European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. *Diversity and Distributions*, 2009, vol. 15, pp. 98–107.
- Chytrý M., Wild J., Pyšek P., Tichý L., Danihelka J., Knollová I. Maps of the level of invasion of the Czech Republic by alien plants. *Preslia*, 2009, vol. 81, pp. 187–207.
- Dal'ke I.V., Chadin I.F., Zakhozhi I.G., Malyshev R.V., Maslova S.P. Modeling the geographical limits of distribution of *Heracleum sosnowskyi* Manden in the taiga

- zone of the European part of Russia. In *Ekologiya i geografiya rastenii i rastitel'nykh soobshchestv. Mat. IV Mezhdunar. nauchn. konf.* [Ecology and Geography of Plants and Plant Communities. Proc. IV Int. Sci. Conf.]. Yekaterinburg: Gumanitarnyi Univ., 2018, pp. 219–224. (In Russ.).
- Gavrilova G., Roze I. Species of genus *Heracleum* L. and their distribution in Latvia. In *3rd Int. Conf. "Research and Conservation of Biological Diversity in Baltic Region"*. Daugavpils University, Daugavpils, Latvia, 2005, 56 p.
- Laman N.A., Prokhorov V.N., Maslovskii O.M. *Gigantskie borshcheviki – opasnye invazivnye vidy dlya prirodnykh kompleksov i naseleniya Belarusi* [Giant Hogweed-dangerous Invasive Species for Natural Complexes and the Population of Belarus]. Minsk: Inst. Eksperiment. Botaniki im. Kuprevicha, 2009. 40 p.
- Luneva N.N. Sosnowsky's Hogweed in Russia: the current status and relevance of its early suppression. *Vestn. Zashchity Rastenii*, 2013, no. 1, pp. 29–43. (In Russ.).
- Luneva N.N. Sosnowsky's Hogweed in the Russian Federation. *Zashchita i Karantin Rastenii*, 2014, no. 3, pp. 12–18. (In Russ.).
- Mandenova I.P. Hogweed – *Heracleum* I. In *Flora SSSR* [Flora of the USSR]. Moscow, Leningrad: Akad. Nauk SSSR, 1951, vol. 17, pp. 223–259. (In Russ.).
- Mežaka A., Zvaigzne A., Tripāne E. *Heracleum sosnowskyi* Manden. Monitoring in protected areas – a case study in Rēzekne municipality. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 181–189.
- Modelirovanie rasprostraneniya semyan i obrazovaniya novykh tsenopulyatsii invazionnogo vida *Heracleum sosnowskyi* Manden. v agroklimaticheskoi zone Respubliki Komi. *Razvernutyi nauchnyi otchet po projektu № 13-4-028-KNTs orientirovannykh fundamental'nykh issledovanii UrO RAN v 2013–2015 gg.* [Modelling of Seed Dispersal and Formation of New Populations of Invasive Species *Heracleum Sosnowskyi* Manden. in the Agro-Climatic Zone of the Komi Republic. Detailed Scientific Report on the Project no. 13-4-028-KNTs of Oriented Fundamental Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in 2013–2015]. <http://gis.rkomi.ru>
- Moiseev K.A., Aleksandrova M.I. *Borshchevik Sosnovskogo* [Sosnowsky's Hogweed]. Syktyvkar: Inst. Biol. KOMI Otd. Akad. Nauk SSSR, 1968. 12 p.
- Morozova O.V. Database on adventitious plant species (AliS) and prospects for creating a single information bank. In *Problemy izucheniya adventivnoi i sinantropnoi flory v regionakh SNG* [Problems of Studying Adventitious and Synanthropic Flora in the CIS Regions]. Moscow: Bot. Sad MGU; Tula: Grif i K' Publ., 2003, pp. 72–73. (In Russ.).
- Morozova O.V., Tishkov A.A. Alien plant species of the Russian Arctic: spatial diversity, corridors and local invasions. *Ross. Zh. Biol. Invazii*, 2018, no. 1, no. 78–87. (In Russ.).
- Myshlyakov S.G., Artemova A.I. Mapping places where Sosnowsky's Hogweed grows using satellite images Sentinel 2. Geoportal of Distribution of Borschevik Sosnovsky SOVZOND Company. (In Russ.). <https://sovzond.ru/projects/6019/>
- Nielsen C., Ravn H.P., Nentwig W., Wade M. *The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the Management and Control of an Invasive Weed in Europe*. Hørsholm, Denmark: Forest and Landscape Denmark, 2005. 44 p.
- Ozerova N.A., Krivosheina M.G. Features of formation of secondary areas of Sosnowsky's and *Mantegazzianum*'s Hogweed (*Heracleum Sosnowskyi*, *H. Mantegazzianum*) in Russia. *Ross. Zh. Biol. Invazii*, 2018, no. 1, pp. 78–87. (In Russ.).
- Ozerova N.A., Shirokova V.A. Invasion of the endemic of the Caucasus Sosnowsky's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) into the ecosystem of floodplains of the European plain. *Groznenskii Estestvennonauchnyi Byull.*, 2016, no. 4 (4), no. 66–78. (In Russ.).
- Panasenko N.N. Some questions of biology and ecology of Sosnowsky's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden). *Ross. Zh. Biol. Invazii*, 2017, no. 2, pp. 95–106. (In Russ.).
- Samye-opasnye-invazionnye-vidy-rossii (Top-100)* [The Most Dangerous Invasive Species in Russia (TOP-100)]. Moscow: KMK Publ., 2018. 688 p.
- Tkachenko F.M., Sinitsyna A.P., Chubarova G.V. *Silosnye kul'tury* [Silage Crops]. Moscow: Kolos Publ., 1974. 284 p.
- Vinogradova Yu.K., Maiorov S.R., Khorun L.V. *Chernaya kniga flory Srednei Rossii. Chuzherodnye vidy rastenii v ekosistemakh Srednei Rossii* [Black Book of the Flora of Central Russia. Alien Plant Species in the Ecosystems of Central Russia]. Moscow: GEOS Publ., 2010. 512 p.