

МАОУ «Лицей №131» Вахитовского района г. Казани
МБУДО «Центр детского творчества «Танкодром»
Советского района г. Казани

Научно-исследовательская работа
**РАСПРОСТРАНЕНИЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В
РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

Выполнила:
Екатерина Прохорова,
ученица 10 класса лиц. № 131
Научный руководитель:
Прохоров В. Е.,
п.д.о., к.б.н.

Казань 2020

Содержание

Введение	3
Обзор литературы	5
Материалы	8
Методы	10
Результаты и обсуждение	12
Выводы	16
Литература	17

Введение

Внедрение (инвазия) агрессивных чужеродных видов – новая экологическая угроза XXI в, которая является в настоящее время значительной частью глобальных природных изменений и часто ведёт к существенным потерям биологического разнообразия и экономической значимости экосистем, подверженных биологическим инвазиям. Иногда это внедрение может наносить значительный экономический ущерб. Одним из самых опасных инвазивных видов на территории Средней России признан борщевик Сосновского (Виноградова и др., 2009).

К экономическим рискам, связанным с расселением инвазионных видов, следует отнести снижение продуктивности экосистем, что является прямым ущербом предприятиям сельского и лесного хозяйства. Кроме того, борщевик Сосновского представляет непосредственную опасность для здоровья человека.

К экологическим рискам следует отнести, прежде всего, снижение биоразнообразия экосистем (Виноградова и др., 2009). Натурализация инвазионных видов может полностью менять облик растительных формаций (Туганаев, Пузырев, 1988). Существует опасность гибридизации инвазионных видов с представителями местной флоры и появления более устойчивых и агрессивных в данном климате гибридов. В целом же последствия внедрения чужеродных видов растений разнообразны и трудно прогнозируемы.

В 2015 году борщевик Сосновского был включен в Отраслевой классификатор сорных растений. Филиалы Россельхозцентра обязаны проводить обследования подведомственных территорий на наличие борщевика, проводить мероприятия по его уничтожению и разрабатывать прогнозы его распространения. В 2017 году Комитетом по экологии, природопользованию, агропромышленной и продовольственной политике Государственного Совета Республики Татарстан вынесено постановление №198 «О мерах, направленных на борьбу с борщевиком Сосновского», а управлением Россельхознадзора

совместно с Минсельхозом Республики Татарстан и филиалом «Россельхозцентра» разработан проект Программы по борьбе с амброзией трехраздельной и борщевиком Сосновского на 2018 – 2022 годы.

Целью настоящей работы явилось выявление распространения борщевика Сосновского на территории Республики Татарстан и прогноз его расселения в будущем. Для достижения обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

1. выявить все известные местонахождения борщевика Сосновского;
2. построить карту современного распространения вида в Республике Татарстан;
3. построить пространственную модель потенциальных местообитаний вида и выявить значимые факторы среды.

Обзор литературы

Род *Heracleum* L. (Борщевик) – один из крупных родов семейства Зонтичные (Apiaceae), насчитывающий около 70 видов. В Татарстане произрастают два вида этого рода – аборигенный *H. sibiricum* L. (борщевик сибирский) и адвентивный *H. sosnowskyi* Manden. (борщевик Сосновского) (Бакин и др., 2000).

Борщевик Сосновского *Heracleum sosnowskyi* был описан в 1944 г. И. П. Манденовой (1909-1995) по сборам, сделанных в Месхетии (Грузия) в 1772 г. И. А. Гюльденштадтом. Свое ботаническое название этот вид получил в честь известного исследователя флоры Кавказа Д. И. Сосновского (1886-1953).

Естественные места произрастания – восточная часть Большого Кавказа, Восточное и Юго-Восточное Закавказье, северо-восток Турции, где этот вид растёт в горных лесах и на субальпийских лугах.

Борщевик Сосновского – крупное травянистое растение высотой до 4 м, являющееся многолетним монокарпиком. Размножается семенами.

В культуру этот вид был впервые внедрён в 1946-1947 гг. в Полярно-Альпийском ботаническом саду (Гельтман, 2007). С 1940-х годов в СССР он также был интродуцирован в Латвии, Литве, Эстонии, Белоруссии и Украине, а также в странах соцлагеря – ГДР и Польше (Nielsen et al., 2005).

Однако выяснилось, что специфический запах борщевика сохраняется в мясе и молоке животных, а при наличии других кормов коровы плохо поедали силос. Кроме того, при контакте с растениями возникала опасность ожогов. По этой причине уже в 1980-е годы борщевик практически перестали культивировать (Виноградова и др., 2009). С этого времени началось активное распространение гигантских борщевиков как инвазионных видов, что происходило практически одновременно в различных частях Европы. Основная причина этому – заброшенные сельскохозяйственные земли, которые подвергаются захвату (Гельтман, 2007).

По данным Giant Alien Project (The Giant..., 2005, цит. по: Виноградова и др., 2009), наиболее вероятно появление борщевиков в следующих местах:

1. находящихся на незначительном расстоянии от мест произрастания *H. sosnowskyi* и не отделённых преградой (возможен занос семян ветром);
2. находящихся ниже по течению рек от занятых борщевиком мест;
3. на обочинах дорог и железно-дорожного полотна в том случае, если менее чем в 2 км произрастают борщевики;
4. на территориях, где поблизости борщевик специально выращивался.

В настоящее время вторичный ареал этого вида охватывает лесную зону европейской России, Украину, Беларусь, Прибалтику (Эстония, Латвия, Литва), Финляндию, Данию, Германию, Польшу, Чехию, Словакию, Венгрию, Румынию. Растение продолжает расширять свой ареал в восточном и юго-западном направлениях. С 2005 года вид активно расселяется на Алтае, с 2007 года – в Томской, а с 2010 года – в Новосибирской областях (Эбель и др., 2018). В 2016 году была зафиксирована первая находка в Сербии (Stojanović et al., 2017), в 2017 году – в Болгарии (Vladimirov et al., 2017).

Рядом исследований показано, что северная граница распространения этого вида определяется изотермой суммы активных температур (САТ) равной 800 до 1000 °С (Далькэ и др., 2018). Южная граница вторичного ареала соответствует изолинии гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) равной 1.25 (Афонин и др., 2017).

Появление в фитоценозах борщевика Сосновского вызывает обеднение видового состава и увеличение сходства сообществ (Виноградова и др., 2009, Rašomavičius et al., 2015).

Борщевик Сосновского представляет серьёзную угрозу здоровью человека. Растение содержит фотосенсибилизирующие соединения фуранокумарины (фурокумарины). При контакте кожи с соком борщевика и под

воздействием ультрафиолетового излучения эти соединения вызывают ожоги. К тому же некоторые фуранокумарины являются канцерогенными и тератогенными веществами. Были отмечены случаи ожогов 3-й степени и даже летальные исходы для маленьких детей при обширных ожогах (Виноградова и др., 2009).

Борщевик активно расселяется вдоль дорог и, главное, вдоль малых и средних рек. Если не организовать систему мониторинга и уничтожения борщевика Сосновского, то, учитывая опасность фотохимических ожогов, через несколько десятилетий в летнее время реки окажутся закрытыми для рекреационного использования. Методика расчёта экономического ущерба от подобных инвазий не разработана. Необходимо планировать расходы на выявление популяций борщевика, их уничтожение, систему мониторинга численности и распространения этого опасного растения (Виноградова и др., 2009).

Построение пространственных моделей для целей прогноза распространения этого инвазионного вида и выявления его зависимости от климата было предпринято целым рядом исследователей для Украинских Карпат (Simpson et al., 2011), Республики Коми (Dalke et al., 2017; Чадин и др., 2019), юга европейской России (Афонин и др., 2017).

Материалы

Опубликованных данных о распространении борщевика Сосновского в литературе оказалось немного (Дёмина и др., 2012). В качестве материалов для данной работы были использованы следующие данные:

1. собственные наблюдения;
2. база данных «Флора» (Рогова и др., 2010; Prokhorov et al., 2017);
3. база данных «Распространение инвазивных видов растений» (РИВР);
4. Проект iNaturalist.

Для обнаружения местонахождений *H. sosnowskyi* нами был опробован оригинальный метод с использованием сервиса Google Street View (GSV). Эта технология представляет собой миллионы связанных панорамных снимков, сделанных в сотнях городов по всему миру. Данные для GSV собираются специальными транспортными средствами, оснащенными камерой и GPS приёмником, которые записывают панорамные изображения во время движения улицам и грунтовым дорогам. Полученные сведения доступны для работы через Интернет, они позволяют пользователям осуществлять навигацию и исследовать улицы городов в различных частях света. Борщевик Сосновского – характерное крупное растение, которое легко различимо на снимках GSV как в скоплениях, так и отдельными экземплярами (рис. 1). Каждый снимок имеет координатную привязку, поэтому для выявленных местонахождений сразу определяются географические координаты. Если идентифицированные растения находятся на достаточном удалении от дороги, то координаты их положения можно скорректировать, используя космический снимок земной поверхности. Подобный метод учёта был успешно использован при изучении распространения походного шелкопряда (*Thaumetopoea pityocampa*) во Франции (Rousselet et al., 2013), белоголового сипа (*Gyps fulvus*), обыкновенного стервятника (*Neophron percnopterus*) (Olea et al., 2013), лоха узколистного

(*Elaeagnus angustifolia*) в Северной Америке (Collette, Pither, 2015), гигантского тростника (*Arundo donax*) в Испании (Hardion et al., 2016).



Рис. 1. Окно Google Street View

Местонахождения *H. sosnowskyi*, обнаруженные с помощью GSV были занесены в базу данных «Флора», поддерживаемую на кафедре общей экологии КФУ. Затем из базы данных были извлечены все записи о распространении борщевика в Татарстане, имеющие географические координаты.

База данных «Распространение инвазивных видов растений» (РИВР) создана в Институте биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН и доступна по адресу <http://ib.komisc.ru/add/rivr> (Chadin et al., 2017). В общей сложности из БД РИВР было получено 18265 местонахождений, 25 из которых располагаются на территории Татарстана.

На платформе проекта iNaturalist (<http://www.inaturalist.org>) был создан проект по регистрации находок борщевика Сосновского в Татарстане (<https://www.inaturalist.org/projects/giant-hogweed-in-tatarstan>). В рамках проекта удалось собрать 115 наблюдений этого вида.

Методы

Координаты всех местонахождений были занесены в текстовый файл формата .CSV, на основе которого в ГИС-пакете QGIS 2.18 была построена карта распространения вида.

Для построения модели потенциальных местообитаний был использован метод максимальной энтропии Maxent (Phillips et al., 2006).

В качестве предикторов для построения модели использованы сведения о параметрах среды из различных источников.

Данные о климате получены из базы данных WorldClim 2.0 (Fick, Hijmans, 2017), которая содержит усреднённые за период 1970–2000 гг. ежемесячные значения минимальных, средних и максимальных температур ($^{\circ}\text{C}$), осадков (мм), солнечной радиации ($\text{кДж}/(\text{м}^2 \times \text{сут})$), скорости ветра (м/с) и давления водяного пара (кПа). Кроме того, база содержит важные для моделирования распространения видов биоклиматические переменные, полученные из ежемесячных температур и осадков. Первоначальные растры (всего 103 слоя) WorldClim использованы в максимальном доступном разрешении $30'' \times 30''$ ($\sim 1 \text{ км}^2$).

Условия рельефа были получены из цифровой модели рельефа проекта ALOS World 3D Topographic Data (<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30>) с разрешением 30 м. По исходным данным, включающим абсолютные отметки высот, были также рассчитаны уклоны и экспозиции склонов. Последний параметр был классифицирован на 4 класса по сторонам света.

Данные о почвенном покрове получены из базы данных проекта SoilGrids (Hengl et al., 2014). Они включают в себя сведения о физических и химических свойствах почв, таких как содержание органического углерода (г/кг), pH, доля грубых фрагментов (%), доля песчаной, глинистой и иловой фракции (%), объемная плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$), ёмкость катионного обмена ($\text{смоль}^+/\text{кг}$), запас органического углерода почв (т/га), глубина до коренных пород (см). Помимо количественных почвенных переменных, SoilGrids содержит информацию о

классах почв согласно двум таксономическим системам: мировой реферативной базы почвенных ресурсов (WRB) и системы Министерства сельского хозяйства США (USDA). Все 66 полученных слоёв использованы с пространственным разрешением 250×250 м.

Для определения типа земного покрова использовались данные проекта GlobCover2009 (Global Land Cover v2.3, доступен по адресу: http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php). Сетка пространственным разрешением 300 м содержит информацию о 20 классах земной поверхности.

Все слои пространственных данных приведены к единым проекции, охвату и разрешению и представлены растрами размером 9600×4800 пикселей в формате ASCII (.asc).

Для создания модели необходимо использовать только нескоррелированные между собой переменные (Elith et al., 2011), поэтому мы использовали коэффициент Пирсона для определения парной корреляции между переменными окружающей среды. При высокой корреляции (Pearson $|r| > 0,7$) между двумя переменными мы выбирали, ту сумма модулей коэффициентов корреляции со всеми остальными предикторами была наименьшей. После отбора остался 21 предиктор, пригодный для создания модели (приложение).

Подготовка данных, включающих операции с растрами и анализ данных, выполнена в среде статистического программирования R Statistics с пакетами raster и dismo. Для построения модели пространственного распространения вида был использован метод максимальной энтропии, который реализован в пакете Maxent версии 3.4.1 (Phillips et al., 2006). Визуализация модели осуществлена с помощью пакета QGIS 3.6.

Результаты и обсуждение

Первый документированный случай дичания борщевика Сосновского в Татарстане зафиксирован на территории учхоза КСХИ. В гербарии KAZ хранится образец со следующей этикеткой: «Казань, Ферма-2, около поля, на меже, 02.08.1968, Иванова Р. Г.».

Агротехникой возделывания новых силосных культур, в том числе и борщевика Сосновского, занимались на кафедре ботаники и кормопроизводства Казанского ветеринарного института (к.б.н. В. Н. Афанасьева) (Гайнуллина, 2015). Начиная с 1978 г. в Казани борщевик Сосновского внедрялся в культуру ТатНИИСХ, сначала на территории института в Приволжском районе (Архиерейская дача), а затем на опытных участках в Лаишевском районе у с. Сокуры (Грузкова, 1979).

По всей видимости, в окрестностях Казани существовало 4 источника распространения борщевика Сосновского (рис. 2):

1. учхоз КСХИ (Ферма-2, Казань);
2. учхоз КВИ (с. Дачное, Высокогорский район);
3. опытный участок ТатНИИСХ (Архиерейская дача, Казань);
4. опытный участок ТатНИИСХ (с. Сокуры, Лаишевский район).

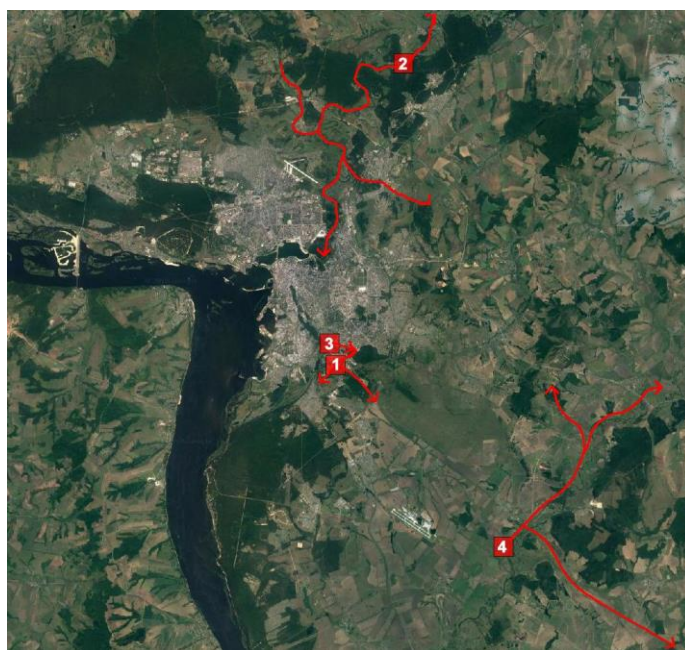


Рис. 2. Источники распространения борщевика Сосновского в окрестностях
Казани

Из первого источника борщевик распространился в направлении п. Мирный (берёзовая роща) и, возможно, в лес по ул. Дубравная. В наибольшей степени растения распространились из второго источника, полностью заняв поймы мелких притоков Казанки: рек Киндерка, Сухая, Солонка и Сула (п. Киндери, п. Аки, п. Белянкино, п. Сухая река, п. Кадышево, с. Семиозёрка), а также по нижнему течению реки Казанка (п. Высокая Гора, п. Дербышки, г. Казань). Опытный участок в Архиерейской даче послужил источником крупной популяции борщевика Сосновского в п. Горки, которая была практически полностью уничтожена во время строительства автомагистрали на Оренбургском тракте при подготовке к Универсиаде 2013. С опытных полей в окрестностях с. Сокуры борщевик начал движение по долине реки Мёша, однако его численность и распространение в бассейне Мёши оказались незначительными, за исключением одного притока – р. Сула, – пойма которого оказалась полностью захваченной пришельцем (с. Ст. Шигалеево, д. Козий Починок, с. Ашхазда, с. Уланово). По автомобильным дорогам из этого источника борщевик распространился также на территории Лаишевского и Рыбнослободского районов Татарстана. В других частях республики борщевик

Сосновского, вероятно, появился в результате заноса из соседних регионов – Чувашской Республики (в Предволжье Татарстана), Республики Марий Эл (на север Высокогорского и Балтасинского районов РТ), Удмуртской Республики (в Елабужский, Менделеевский, Агрызский, Нижнекамский районы и г. Набережные Челны).

В настоящее время нами зафиксировано 285 местонахождений борщевика Сосновского в Татарстане (рис. 3).

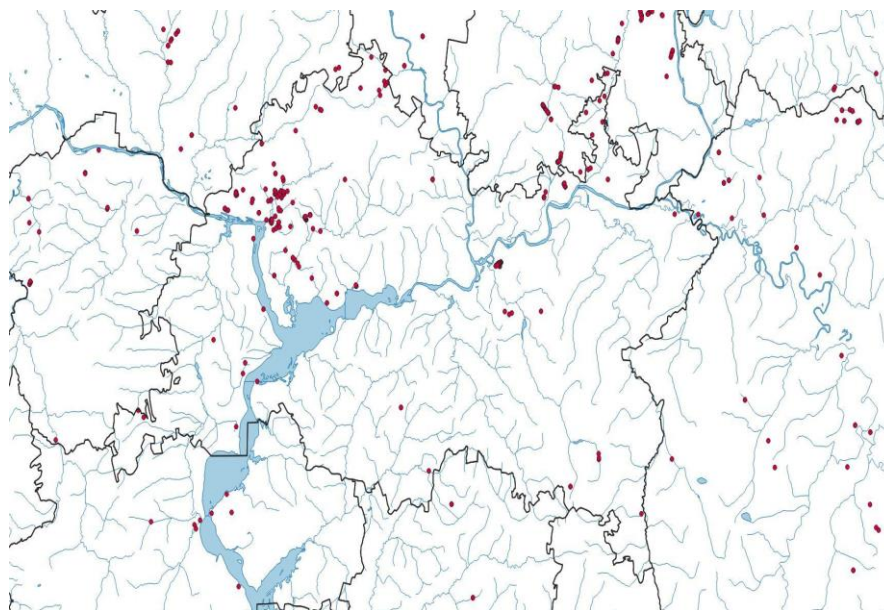


Рис. 3. Местонахождения борщевика Сосновского в Татарстане

В результате обработки данных с помощью алгоритма MaxEnt была получена пространственная модель потенциальных местообитаний борщевика Сосновского (рис. 4). Каждой ячейке раstra модель присваивает значение от 0 до 1, которое можно интерпретировать как степень пригодности местообитания для данного вида, либо как вероятность обнаружения вида в этой точке (Phillips et al., 2017).

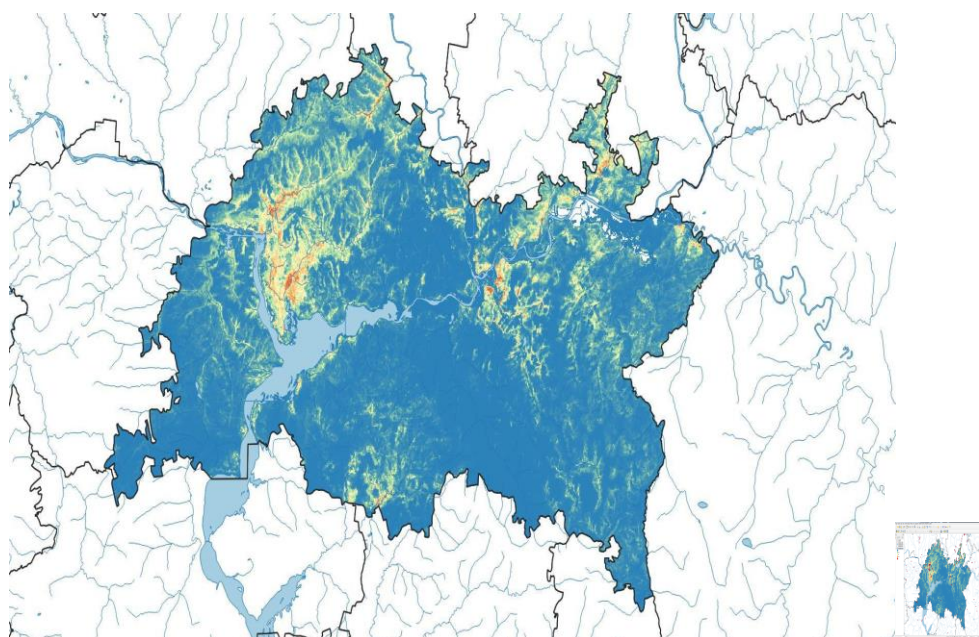


Рис. 4. Модель потенциальных местообитаний *H. sosnowskyi*

Анализ вклада переменных в модель (таб. 1) показал, что наибольшее значение имеют следующие факторы – высота над уровнем моря (20.2%), сезонность осадков (10.9%), средняя температура наиболее влажного квартала года (10%), количество осадков самого холодного квартала (8.9%), массовая доля песка в почве на глубине 2 м (7%), минимальная температура самого холодного месяца (6.6%), максимальные температуры марта и июля (по 6%). Таким образом, на распространение борщевика Сосновского в Татарстане влияют как климатические (температуры и осадки), так и орографические (высота) и эдафические (механический состав почв) факторы среды.

Таблица 1

Вклад переменных в модель

Переменная	Доля вклада, %
dem_alt (Высота)	20.2
wc_bio15 (Сезонность осадков)	10.9
wc_bio08 (Средняя температура самого влажного квартала)	10
wc_bio19 (Количество осадков самого холодного квартала)	8.9
sg_sndppt7 (Массовая доля песка в почве на глубине 2 м)	7
wc_bio06 (Минимальная температура самого холодного месяца)	6.6

wc_tmax03 (Максимальная температура марта)	6
wc_tmax07 (Максимальная температура июля)	6
wc_bio02 (Среднесуточный диапазон температур)	5.3
sg_ccsol17 (Ёмкость катионного обмена почвы на глубине 2 м)	4.7
wc_vapr07 (Давление водяных паров в июле)	3.3
sg_ocstha2 (Запас органического углерода в почве на глубине от 5 до 15 см)	3
cat_sg_taxnwrp (Типы почв по классификации NWRB)	1.7
sg_ocstha6 (Запас органического углерода в почве на глубине от 1 до 2 м)	1.3
sg_bldfie4 (Объёмная плотность почвы на глубине 30 см)	1.3
sg_bldfie7 (Объёмная плотность почвы на глубине 2 м)	1.2
cat_sg_taxousda (Типы почв по классификации USDA)	1.1
wc_bio09 (Средняя температура самого сухого квартала)	0.9
dem_slp (Уклоны)	0.2
cat_dem_exp (Экспозиция склонов)	0.2
cat_gc (Типы земных покровов)	0.1

Рассматривая карту потенциальных местообитаний борщевика Сосновского, можно отметить, что высокую вероятность встреч этого вида имеют долины рек в Предкамье (Казанка, Мёша, Ашит, Иж) и в Предволжье (Свияга) Татарстана. Поверхности водоразделов имеют гораздо меньше подходящих местообитаний для этого вида. На наш взгляд это связано с тем, что борщевик Сосновского находится здесь вблизи южной границы своего вторичного ареала и выбирает места с повышенным увлажнением.

Выводы

1. Выявлено распространение борщевика Сосновского в Республике Татарстан.
2. Построена карта местонахождений борщевика Сосновского в Республике Татарстан.
3. Создана модель потенциальных местообитаний вида в зависимости от климатических факторов. Наибольшее влияние на распространение вида оказывают орографические (высота, 20.2%), климатические (температуры и осадки, 6-11%), и эдафические (механический состав почв, 7%) факторы среды.

Литература

1. Афонин А.Н., Лунева Н.Н., Ли 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.
2. Бакин О. В., Рогова Т. В., Ситников А. П. Сосудистые растения Татарстана. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 2000. – 496 с.
3. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России (чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). – М.: ГЕОС. 2009. – 494 с.
4. Гайнуллина М.К. К 85-летию основания кафедры ботаники и кормопроизводства // Ученые записки Казанской Государственной Академии Ветеринарной Медицины им. Н.Э. Баумана, 2015, № 222 (2). – с. 6-9.
5. Гельтман Д. В. Борщевик Сосновского на Северо-Западе России // Доклад. Круглый стол «Биологические инвазии – поиск путей решения проблемы» 2007 г.
6. Грузкова А. С. Продуктивность новых кормовых культур // Информационный листок. Казань, 1979. № 263. – С. 17-20.
7. 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 Международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; Гуманитарный ун-т, 2018. – С. 219-224.
8. Демина Г.В., Хазиев Р.Ш., Седова С.А. Флора естественного лугового участка ботанического сада Казанского государственного медицинского

- университета // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2012. Т. 154. № 2. С. 206-215.
9. Рогова Т. В., Прохоров В. Е., Шайхутдинова Г. А., Шагиев Б. Р. Электронные базы фитоиндикационных данных в системах оценки состояния природных экосистем и ведения кадастров биоразнообразия // Учёные записки Казанского государственного университета, 2010, т. 152, кн. 1, сер. естественные науки. – С. 174-181.
 10. Туганаев В.В., Пузырев А.Н. Гемерофиты Вятско-Камского междуречья. Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1988. – 128 с.
 11. Чадин И.Ф., Далькэ И.В., Захожий И.Г., Малышев Р.В., Маслова С.П., Кириллов Д.В. Моделирование пространственного распространения и определение северной границы потенциального ареала инвазивного вида борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Материалы Шестой конференции «Математическое моделирование в экологии» ЭкоМатМод-2019, г. Пущино, Россия. – С. 232-233.
 12. Эбель А. Л., Зыкова Е. Ю., Михайлова С. И., Черногривов П. Н., Эбель Т. В. Расселение и натурализация инвазивного вида *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Apiaceae) в Сибири // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; Гуманитарный ун-т, 2018. – С. 1065-1070.
 13. Chadin I., Dalke I., Zakhozhiy I., Malyshev R., Madi E., Kuzivanova O., Kirillov D., Elsakov V. Distribution of the invasive plant species *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Komi Republic (Russia) // PhytoKeys. 2017. Vol. 77. – P. 71-80.
 14. Elith J., Phillips S.J., Hastie T., Dudik M., Chee Y.E., Yates C.J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists // Diversity and Distributions. 2011. № 17 (1). – P. 43–57.

15. Fick S. E., Hijmans R. J. Climate data from Worldclim [Электронный ресурс], 2017. URL: <http://www.worldclim.org/> (дата обращения: 15.04.2017)
16. Hardion L., Leriche A., Schwoertzig E., Millon A. Species Distribution 2.0: An Accurate Time- and Cost-Effective Method of Prospection Using Street View Imagery // PLoS One. 2016. Vol. 11(1): e0146899
17. Nielsen C., Ravn H. P., Nentwig W., and Wade M. (eds.). The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Forest and Landscape Denmark, Hoersholm, 2005. – 44 p.
18. Olea P.P., Mateo-Tomás P. Assessing species habitat using Google Street View: a case study of cliff-nesting vultures // PLoS ONE. 2013. Vol. 8: e54582
19. Phillips S. J., Anderson R. P., Schapire R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecological Modelling. 2006. Vol. 190. – P. 231-259.
20. Phillips S.J., Anderson R.P., Dudík M., Schapire R.E., Blair M.E. Opening the black box: an open-source release of Maxent // Ecography. 2017. Vol. 40. P. 887–893.
21. Prokhorov V. E., Rogova T. V., Kozhevnikova M. V. Vegetation Database of Tatarstan // Pytocoenologia, 2017, Vol. 47, Is. 3. – P. 309-313.
22. Rašomavičius V., Gudžinskas Z., Uogintas D. Changes of plant communities in areas invaded by *Heracleum sosnowskyi* // Abstracts of 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science, Brno, Czech Republic, 19 – 24 July 2015. – P. 311.
23. Rousset J., Imbert C.E., Dekri A., Garcia J., Goussard F., Vincent B. Assessing species distribution using Google Street View: a pilot study with the pine processionary moth // PLoS ONE. 2013. Vol. 8: e74918
24. Simpson M., Prots B., Vykhov B. Modeling of the invasive plant distribution: case study of Sosnowski's hogweed *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the

- Ukrainian Carpathian Mts // Journal of Biological Systems. 2011. Vol. 3. Iss. 1.
– P. 80-89.
25. Stojanović V., Petrović S., Kovačević J., Stojanović D., Bjedov I. *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Apiaceae) – a new invasive species in the flora of Serbia // Glasnik Sumarskog fakulteta. 2017. Iss. 116. P. 215-220.
26. Vladimirov V., Assyov B., Petrova A. First Record of an Invasive Alien Plant Species of EU Concern in Bulgaria: *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Apiaceae) // Acta zoologica bulgarica. 2017. Suppl. 9. – P. 47-51.

Предикторы модели

№	Переменная	Фактор среды	Источник данных	Тип значений
1	cat_dem_exp	Экспозиция склонов	Рассчитано на основе ALOS World 3D	классы
2	cat_gc	Типы земных покровов	GlobCover 2009	классы
3	cat_sg_taxnwrp	Типы почв по классификации NWRB	SoilGrids	классы
4	cat_sg_taxousda	Типы почв по классификации USDA	SoilGrids	классы
5	dem_alt	Высота	ALOS World 3D	м
6	dem_slp	Уклоны	Рассчитано на основе ALOS World 3D	°
7	sg_bldfie4	Объёмная плотность почвы на глубине 30 см	SoilGrids	кг/м ³
8	sg_bldfie7	Объёмная плотность почвы на глубине 2 м	SoilGrids	кг/м ³
9	sg_cecsol7	Ёмкость катионного обмена почвы на глубине 2 м	SoilGrids	сМоль/кг
10	sg_ocstha2	Запас органического углерода в почве на глубине от 5 до 15 см	SoilGrids	т/га
11	sg_ocstha6	Запас органического углерода в почве на глубине от 1 до 2 м	SoilGrids	т/га
12	sg_sndppt7	Массовая доля песка в почве на глубине 2 м	SoilGrids	%
13	wc_bio02	Среднесуточный диапазон температур	WorldClim	°C
14	wc_bio06	Минимальная температура самого холодного месяца	WorldClim	°C
15	wc_bio08	Средняя температура самого влажного квартала	WorldClim	°C
16	wc_bio09	Средняя температура самого сухого квартала	WorldClim	°C
1	wc_bio15	Сезонность осадков	WorldClim	—

7				
1 8	wc_bio19	Количество осадков самого холодного квартала	WorldClim	мм
1 9	wc_tmax03	Максимальная температура марта	WorldClim	°С
2 0	wc_tmax07	Максимальная температура июля	WorldClim	°С
2 1	wc_vapr07	Давление водяных паров в июле	WorldClim	кПа