

УДК: 581.522:574.9:910.4

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI*) В ДОЛИНАХ БОЛЬШИХ И СРЕДНИХ РЕК ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2008–2016 гг.)

© 2017 Озерова Н.А.^{a, b *}, Широкова В.А.^{a, b}, Кривошеина М.Г.^c,
Петросян В.Г.^c

^a Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, Москва, 109012;

^b Государственный университет по землеустройству, Москва, 105064

^c Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, 119071

e-mail: * ozerova-nad@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.09.16

Представлены результаты анализа данных многолетнего мониторинга инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в долинах 14 больших и средних рек Восточно-Европейской равнины, проведённого в 2008–2016 гг. в рамках Комплексной экспедиции по изучению исторических водных путей. Создана картосхема распространения *H. sosnowskyi* в долинах больших и средних рек с георегистрацией и ландшафтным описанием каждой точки обнаружения. Сформулированы общие характеристики пространственного распределения, выделены векторы инвазии (антропохория, гидрохория) и выявлены важнейшие факторы, определяющие проникновение *H. sosnowskyi* в долины рек. Представлены данные приуроченности *H. sosnowskyi* к структурным элементам ландшафта речных долин с определёнными геоморфологическими и почвенными характеристиками. Показано, что фитоценотическая приуроченность инвазионного вида в естественных и антропогенных сообществах связана с бечевниками и коренными берегами в долинах больших и средних рек. Установлено, что наиболее благоприятны для инвазии *H. sosnowskyi* берега рек, сложенные породами с высоким содержанием твёрдого обломочного материала, а неблагоприятны – сырые поймы и абразионные песчаные берега. Полученные результаты существенно расширяют представления в части инвазионного ареала и приуроченности растения к участкам поймы и могут быть использованы при прогнозировании, профилактике распространения и разработке мер по борьбе с *H. sosnowskyi*.

Ключевые слова: *Heracleum sosnowskyi*, закономерности распространения, средние реки, большие реки, Восточно-Европейская равнина, инвазия.

Введение

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden., 1944) описан из Грузии (Месхетия) в 1944 г. И.П. Манденовой и своё название получил в честь исследователя флоры Кавказа Д.И. Сосновского [Лунева, 2014]. Естественный ареал этого эндемика Кавказа занимает восточное Предкавказье (Дагестан, восток Кабардино-Балкарии), горные системы Большого и Малого Кавказа (Южная Осетия,

Грузия), северную Армению и северо-восток Турции [Манденова, 1950; Лунева, 2014].

В 1947 г. *H. sosnowskyi* впервые был введён в культуру в Европейской части РСФСР. После продолжительных исследований растение, отличавшееся неприхотливостью и быстрым ростом весной, стали массово возделывать в качестве силосной и кормовой культур на значительной территории Нечерноземья. Наиболее широкомасштабное внедрение этой куль-

туры проводилось в 1960–1970 гг. [Виноградова, Куклина, 2012]. В эти годы вид получил распространение, в частности, в Белоруссии, Ленинградской и Тверской областях [Чубарова, 1976]. С 1964 г. борщевик Сосновского стали выращивать в Псковской обл. [Иванова, Кулибаба, 1975].

Для выращивания *H. sosnowskyi* обычно выбирались земли, примыкавшие к центральным усадьбам бывших сельскохозяйственных предприятий, так как данная культура закладывалась в основном на силос [Постановление..., 2015]. Нет никаких данных о том, чтобы на территории Восточно-Европейской равнины для выращивания борщевика использовались поймы рек, исторически являющиеся ценными пастбищами и сенокосами [Низовцев и др., 2015].

В статистических сборниках по сельскому хозяйству в областях и республиках Советского Союза приведены данные о посевных площадях по силосным культурам (без кукурузы), по кукурузе на силос и (изредка) по люпину [Посевные площади..., 1973; Основные показатели..., 1979; Кормопроизводство..., 1988; и др.]. Очевидно, посевы *H. sosnowskyi* в областях и республиках СССР учитывались вместе с другими силосными культурами, поэтому все имеющиеся сведения носят отрывочный характер. Посевные площади могли быть как небольшими, так и значительными. Например, в хозяйствах Псковской обл. в 1964 г. эта культура выращивалась на 3 га, а в 1966 г. на 10 га [Иванова, Кулибаба, 1975]. В 1960-е гг. во всей Ленинградской обл. площадь посевов растения составила более 1 тыс. га [Лунева, 2013].

Уже в 1948 г. на территории РСФСР (в Московской обл.) были обнаружены первые одичавшие растения. Массовый характер одичания стал повсеместно наблюдаться в 1970-е гг. Во вторичном ареале растение поначалу осваивало земли, расположенные вблизи мест его возделывания в 1960–1980-е гг. После разрушения агропромышленного комплекса в 1990-е гг. расселение *H. sosnowskyi* вышло из-под контроля и приобрело характер экологического бедствия [Виноградова и др., 2010; Виноградова, Куклина, 2012].

В последние годы наблюдаются быстрые темпы распространения вида практически по всей Европейской части России. Количественные данные о территории, занимаемой борщевиком в настоящее время, требуют постоянного уточнения. Так, площадь сельскохозяйственных угодий, занятых растением в 2009 г., по предварительным оценкам, составила в Вологодской обл. 2186.1 га, в Новгородской – 2000 га [Богданов и др., 2011]. В 2011 г. в Ленинградской обл. растение занимало более 50 тыс. га земель, а в Тверской – более 45 тыс. га [Кудрявцева, 2013]. В Псковской обл. в 2014 г. борщевик Сосновского занимал более 7500 га [Ведомственная целевая программа..., 2014].

Один из эффективных способов расселения *H. sosnowskyi* – распространение его семян с помощью водных потоков. В долинах малых рек, ручьёв и в руслах временных водотоков семена растения, для прорастания которых важно наличие участков почвы, лишённых плотной дернины, находят все условия для успешного развития. В настоящее время этот механизм хорошо изучен и описан [Панасенко и др., 2013].

Средние и большие реки существенно отличаются от малых рек и ручьёв. В условиях Центральной и Нечернозёмной территории России весной на средних и больших реках наблюдается половодье, во время которого уровень воды поднимается на 2.5–7 м в зависимости от местных условий. Соответственно, расход воды и скорость течения увеличиваются в разы по сравнению с меженным уровнем. В результате сочетания эрозионной и аккумулятивной деятельности водного потока, которая выражена сильнее, чем в поймах малых рек, ручьёв и в оврагах, могут создаваться особые условия, как неблагоприятные, так и способствующие расселению *H. sosnowskyi*.

Основная цель исследования состоит в том, чтобы изучить особенности распространения *H. sosnowskyi* в долинах 14 средних и больших рек Восточно-Европейской равнины, опираясь на обширный материал полевых наблюдений, собранных за 8 лет экспедиционных исследований.

Материал и методы

Общая характеристика полевых материалов. В 2008–2016 гг. Комплексная экспедиция по изучению исторических водных путей (КЭИВП, далее – экспедиция) проводила исследования гидролого-гидрохимической и ландшафтной обстановки в районе исторических водных путей. В 2008 г. маршрут экспедиции проходил по р. Сухоне от н/п Михайловское до г. Великий Устюг. В 2009 г. исследованиями были охвачены реки Мста, Волхов и Нева. В 2010–2011 гг. проводилось изучение Тихвинской водной системы: в 2010 г. были пройдены р. Тихвинка, начиная от г. Тихвина, Сясь, Свирский канал и р. Свирь до г. Лодейное Поле, а в 2011 г. – реки Чагодоца, Чагода и Молога. В 2012 г. экспедиция осуществляла сплав по Днепру (г. Смоленск – г. Могилёв) и Западной Двине (г. Велиж – г. Витебск), в 2013 г. – по Березине и Днепру (г. Березино – г. Речица). Экспедиция 2014 г. охватила Верхнюю Волгу на участке н/п Селижарово – г. Тверь, а в 2016 г. была обследована р. Великая в г. Остров и г. Псков (рис. 1).

Маршрутные экспедиционные исследования проводились во время сплава по рекам, в котором участвовали два рафта – надувные лодки, оборудованные мотором. При таком способе перемещения средняя скорость движения обычно составляет не более 7–12 км/ч. На одном рафте размещалась гидролого-метеорологическая лаборатория, с помощью которой проводились измерения и наблюдения с привязкой к системе координат. Экипаж второй лодки занимался составлением ландшафтного описания местности, проводил фото- и видеофиксацию наиболее типичных ландшафтов и вёл маршрутный дневник, отражающий особенности хозяйственного освоения экосистемы долин рек – исторических водных путей. За 2008–2016 гг. было описано свыше 500 точек маршрута и пройдено около 3000 км водного пути.

Результатом полевых наблюдений стали подробные ландшафтные описания 14 средних и больших рек, Сиверсова канала и системы Приладожских каналов. В описаниях отражены типы пойменной растительности и особен-

ности распределения наиболее характерных сообществ в зависимости от комплекса местных условий. Ландшафтные исследования, в том числе подробные описания точек маршрута, представлены в работах – [Низовцев и др., 2009; Широкова и др., 2011; Тихвинская водная система, 2012; Широкова и др., 2013, 2014, 2015а, 2015б; Снытко и др., 2016]. Ниже представлены наиболее важные ландшафтные особенности изучаемых объектов – долин рек.

Долины всех исследованных рек лежат в пределах тайги и зоны хвойно-широколиственных лесов. В подзоне средней тайги представлены хвойные и смешанные хвойно-мелколиственные леса (на месте вырубок), а в южной тайге – преимущественно смешанные хвойно-широколиственные с примесью мелколиственных пород леса. В подзоне северных смешанных лесов преобладают хвойные породы (сосна и ель), а в подзоне типичных хвойно-широколиственных лесов возрастает роль дубрав [Мильков, 1977]. Практически вся территория севера и северо-запада Восточно-Европейской равнины находится в зоне распространения ледниковых и водно-ледниковых отложений разной мощности, под которыми залегают дочетвертичные породы, вскрывающиеся реками. Поэтому ландшафтно-геоморфологическая структура этой территории имеет много общих черт.

Обследованные участки рек Тихвинки, Сяси (до н/п Коленец), Волги (до устья р. Малая Коша), Волхова (до н/п Черенцово), Западной Двины до н/п Островские и Великой в г. Остров пререзают преимущественно моренные отложения. Узкие участки долин чередуются с чёткообразными заболоченными расширениями. Высота берегов достигает в среднем 5–7 м. Они сложены глинистыми и суглинистыми отложениями с включением валунов. По берегам рек обычны выходы грунтовых вод.

Поймы всех исследованных рек обычно имеют два-три уровня. Низкая пойма обычно травяная, с доминированием осоки (*Carex sp.*), канареечника (*Phalaroides arundinacea*), манника (*Glyceria maxima*), таволги (*Filipendula ulmaria*), вейника (*Calamagrostis sp.*), дербенника

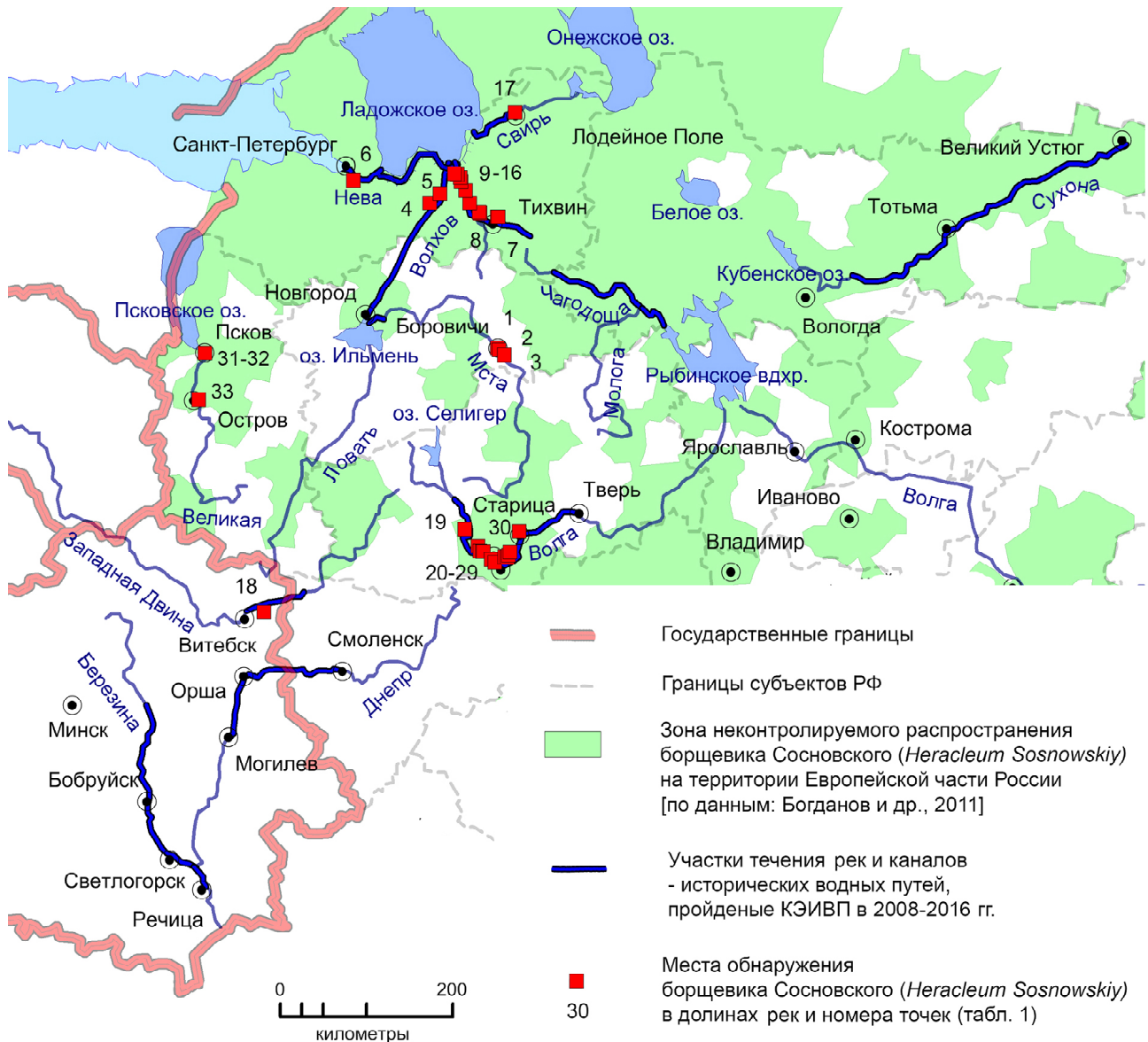


Рис. 1. Места обнаружения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в долинах средних и больших рек – исторических водных путей.

(*Lythrum sp.*) и др. Часто низкие поймы бывают подтоплены большую часть лета и характеризуются застойным режимом увлажнения.

Средняя и высокая поймы представлены старозалежными лугами, зарастающими ивовым кустарником (*Salix sp.*), мелколиственными лесами из берёзы (*Betula sp.*), ольхи серой (*Alnus incana*) и осины (*Populus tremula*), сосной (*Pinus sylvestris*). По берегам Днепра, Западной Двины и Волги растёт ивовый кустарник с колючеплодником (*Echinocystis lobata*). Травянистая растительность обычно представлена разнотравно-злаковыми сообществами, которые

включают бобовые, пижму (*Tanacetum vulgare*), тимopheевку (*Phleum pratense*), овсяницы (*Festuca sp.*), мятлик (*Poa pratensis*), полевцы (*Agrostis sp.*), трясунку (*Briza media*) и др.

Террасы и коренные берега заняты смешанными хвойно-мелколиственными лесами (из ели (*Picea abies*) или сосны, берёзы, осины), реже – насаждениями из широколиственных пород (дуба (*Quercus robur*), липы (*Tilia cordata*), вяза (*Ulmus sp.*) с примесью мелколиственных (берёзы, осины), либо сельскохозяйственными угодьями и населёнными пунктами.

Небольшая скорость перемещения рафтов визуально и с помощью фото- и видеофиксации позволили определить характерный тип растительности. Листва *H. sosnowskyi* обычно хорошо различима, так как образует яркий салатово-зелёный аспект, выделяющийся на зелёном, серовато-зеленоватом или желтовато-охристом фоне аборигенной растительности. Высота генеративных побегов часто превышает 1.5 м, поэтому в первую очередь внимание привлекали цветущие и плодоносящие растения, куртины которых дополняют насаждения долин рек характерными и бросающимися в глаза зеленовато-белым (во время цветения) и красновато-охристым (в стадии плодоношения) аспектами.

Маршрутный характер обследования рек на рафтах, к сожалению, не позволяет в полной мере оценить особенности инвазии *H. sosnowskyi* в экосистемы речных долин. Часто с воды заметен один генеративный побег или несколько крупных листьев растения. При высадке на берег может оказаться, что рядом с хорошо заметным крупным растением находится несколько десятков проростков и молодых растений, скрытых среди другой растительности. Зачастую растения, находящиеся в стадии первого листа, только с близкого расстояния можно отличить от других видов с похожей формой и цветом листьев, например, от белокопытника (*Petasites spurius*), манжетки (*Alchemilla vulgaris*) или гравилата (*Geum rivale*). Именно поэтому собранные данные отражают лишь пространственное распределение *H. sosnowskyi* в долинах рек.

В ходе экспедиционных работ 2008–2016 гг. были получены данные по 33 точкам (рис. 1), в которых был обнаружен *H. sosnowskyi*. Эти данные были сопоставлены с материалами ландшафтных наблюдений, и благодаря этому были выделены участки рек, в долинах которых было обнаружено или не обнаружено растение. Детальный анализ собранных данных позволил выделить ряд важнейших параметров изучаемых объектов: характер кривизны берегов, наличие и особенности рельефа элементов долины ландшафта

(бечевника, пойм разного уровня, террас, коренного берега), литологические свойства подстилающих пород, тип растительности. Для мест обнаружения борщевика по картам определена близость населённых пунктов и ферм советской эпохи, которые могут быть источниками распространения сорняка в долинах больших и средних рек. В ходе исследования влияния ферм, построенных в советское время, вблизи которых борщевик возделывался первично, были приняты во внимание фотографии их строений и ближайших окрестностей, опубликованные разными специалистами в литературе и в Интернет-ресурсах через системы <https://www.google.com/earth/>; <https://yandex.ru/maps>. Почти в 100% случаев на снимках (при их наличии) можно найти борщевик Сосновского. Именно это позволило рассматривать фермы, построенные в советскую эпоху, как самостоятельный возможный источник распространения семян растения в долинах рек. Анализ всех этих данных в совокупности позволяет исследовать инвазию *H. sosnowskyi* с учётом всего комплекса возможных факторов, влияющих на его проникновение и распространение в долинах средних и больших рек.

Перечень точек обнаружения борщевика Сосновского, их характеристика и некоторые особенности их географического положения представлены в таблице 1.

Составлены дополнительные таблицы, в которых представлены не вошедшие в таблицу 1 сведения об изучаемых объектах с целью проведения статистического анализа для проверки приуроченности *H. sosnowskyi* к местам расположения ферм в прошлом, излучинам рек, разным структурным элементам ландшафта долин рек: бечевникам, поймам трёх уровней, террасам, коренным берегам, элементам мезорельефа, литологическим свойствам и плотности подстилающих горных пород, растительным сообществам. Принят во внимание также тип берегов (аккумулятивный или абразионный) и характер произрастания борщевика (единично, группами, полосами или в виде обширных зарослей).

Таблица 1. Общая характеристика географического положения мест обнаружения *H. sosnowskyi* в долинах рек – исторических водных путей за время экспедиционных исследований в 2008–2016 гг.

Номер точки	Дата	Координаты точки	Река	Ближайший н/п и на каком берегу реки находится: 1 – правый; 2 – левый; 3 – на обоих берегах		Расстояние от ближайшего н/п до точки обнаружения, м	Искусственные преграды и переправы (1 – есть, 0 – нет)
				Название н/п	Берег		
1	11.06. 2009	N 58.331130 E 33.964325	Мста	Путлино	3	150	0
2	11.06. 2009	N 58.311869 E 34.004567	Мста	Ёгла	3	0	0
3	11.06. 2009	N 58.272494 E 34.117672	Мста	Опеченский посад	2	0	1
4	16.06. 2009	N 59.686200 E 32.197947	Волхов	Черенцево	2	1740	0
5	17.06. 2009	N 59.795779 E 32.366020	Волхов	Панево	3	0	0
6	22.06. 2009	N 59.792141 E 30.653540	Нева	н/п им. Свердлова	3	0	1
7	31.07. 2011	N 59.652818 E 33.550064	Тихвинка	г. Тихвин, Новгородский шлюз	1	0	1
8	31.07. 2011	N 59.654994 E 33.567921	Тихвинка	г. Тихвин, Тверской шлюз	1	0	1
9	05.08. 2010	N 59.659814 E 33.201175	Тихвинка	Цвылево	2	0	1
10	05.08. 2010	N 59.673747 E 33.184884	Тихвинка	Овино	3	100	0
11	05.08. 2010	N 59.749324 E 32.973186	Сясь	Кудрево	2	120	1
12	06.08. 2010	N 59.865622 E 32.854814	Сясь	Погостище	3	250	0
13	06.08. 2010	N 59.949170 E 32.733201	Сясь	Хвалово	3	0	1
14	06.08. 2010	N 59.990050 E 32.704417	Сясь	Кулаково	3	0	0
15	06.08. 2010	N 60.015216 E 32.644283	Сясь	Морозово	2	0	0
16	06.08. 2010	N 60.017161 E 32.579975	Сясь	Коскеницы и Колчаново	1	0	1
17	10.08. 2010	N 60.734534 E 33.561115	Свирь	г. Лодейное Поле (городской пляж)	2	0	0
18	02.08. 2012	N 55.302066 E 30.285892	Западная Двина	Руба	3	1000	0
19	29.07. 2014	N 56.455243 E 33.909605	Волга	Мясцово	3	200	0
20	30.07. 2014	N 56.304787 E 34.214823	Волга	Мончорово	3	230	0
21	30.07. 2014	N 56.259509 E 34.274091	Волга	пригород Ржева (п. Лыночесальной фабрики)	1	0	0

22	30.07. 2014	N 56.258446 E 34.317320	Волга	г. Ржев, между о. Близнецы и о. Первый	1	0	0
23	30.07. 2014	N 56.260276 E 34.336434	Волга	г. Ржев, Старый мост	1	0	1
24	31.07. 2014	N 56.191449 E 34.515361	Волга	Пестово	2	1500	0
25	31.07. 2014.	N 56.169651 E 34.590322	Волга	г. Зубцов	1	0	1
26	31.07. 2014	N 56.240952 E 34.768514	Волга	Устье	3	580	0
27	31.07. 2014	N 56.243214 E 34.815588	Волга	Саблино	3	400	0
28	31.07. 2014	N 56.266831 E 34.836921	Волга	Мямлино	3	200	0
29	31.07. 2014	N 56.298247 E 34.856405	Волга	Колчеватики	3	100	0
30	01.08.2014	N 56.506647 E 34.944012	Волга	г. Старица	1	0	0
31	30.06. 2016	N 57.828739 E 28.319590	Великая	г. Псков, Советская наб.	1	0	1
32	30.06. 2016	N 57.833070 E 28.260000	Великая	г. Псков, напротив Снетогорского монастыря	1	0	1
33	02.07. 2016	N 57.340780 E 28.353190	Великая	г. Остров, правый рукав (старый город)	1	0	1

Методы статистического анализа данных. Для оценки влияния наличия населённых пунктов (НП), фермерских хозяйств и преград разного происхождения на появление борщевика Сосновского (БС) на берегах рек использовался набор тестов сопряжённых таблиц – Хи-квадрат (χ^2) отношение правдоподобия (G^2) и двухсторонний точный критерий Фишера (F_{2sd}). В тех случаях, когда гипотеза различия произрастания *H. sosnowskyi* при наличии и отсутствии населённых пунктов и других объектов на берегах не отклонялась, использовался Z-критерий для оценки уровней значимости этих различий. Сравнительный анализ средних расстояний НП, расположенных на левом и правом берегах, производился с помощью однофакторного дисперсионного анализа с неравным количеством повторностей в ячейках (ANOVA). Для сравнения средних с неравными дисперсиями по критерию Левена был использован критерий Тьюки-Крамера с модификацией Уелча [Zar, 2010]. При нарушении условия нормальности распределения для изучаемых выборок также приме-

нялись непараметрические критерии Краскела-Уоллиса и медианный тест Муда [Zar, 2010].

Для анализа влияния произрастания *H. sosnowskyi* в зависимости от абразионного или аккумулятивного характера берегов, разных по литологическому составу горных пород, плотности карбонатных пород (известняков, мергелей, доломитов), влияния выраженности тех или иных структурных элементов ландшафта речной долины и их мезорельефа использовались критерии согласия Пирсона (χ^2), Крамера-фон Мизеса-Смирнова (W^2), Ватсона (U^2) и Андерсона-Дарлинга (A^2), предназначенные для дискретных и сгруппированных данных [Петросян и др., 2015].

Во всех тестах эти критерии использовались для проверки простой гипотезы равномерности распределения участков произрастания *H. sosnowskyi*. Хотя для проверки нулевых гипотез одновременно использовались все перечисленные выше критерии, тем не менее, в тех случаях, когда результаты проверки различались, предпочтение отдавалось критериям Пирсона и Ватсона. Этот выбор связан с тем, что ранее в

наших работах было показано, что критерии Пирсона и Ватсона являются наиболее мощными для анализа номинальных, порядковых и сгруппированных данных, а критерии Андерсона-Дарлинга и Шапиро-Уилка – для анализа непрерывных данных [Петросян и др., 2015]. Эти критерии согласия также использовались для выявления характера распределения по сравнению с теоретическим (равномерным) распределением в зависимости от кривизны берега, структурных элементов ландшафта речной долины, типов растительных сообществ и характера произрастания *H. sosnowskyi*. Во всех случаях, когда критерии Пирсона и Ватсона отклоняли равномерность произрастания *H. sosnowskyi*, тогда проводился дополнительный множественный тест (post Hoc) Тьюки для того, чтобы выявить уровень значимости этих различий. Множественный тест был проведён после угловой трансформации выборочных пропорций. Необходимость использования этой процедуры трансформации детально рассмотрена в работе Зара [Zar, 2010].

Статистический анализ экспериментальных данных выполнен с помощью интегрированного пакета Biosystem office [Петросян, 2014].

Результаты

1. Влияние близости населённых пунктов и ферм на вселение борщевика Сосновского (БС) в долины средних и больших рек. Про-

веденная проверка с помощью комплексов тестов сопряжённых таблиц (χ^2), G^2 , F_{2sd} показывает, что произрастание *H. sosnowskyi* на левом берегу связано с наличием НП (рис. 2) ($\chi^2 = 6.74$; $p=0.009$; $G^2=7.1$; $p=0.008$; F_{2sd} : $p=0.017$). Среднее расстояние от НП до мест находок борщевика на левом берегу составляет 480 м (± 296 м), и возможность произрастания *H. sosnowskyi* связана не с расстоянием от НП, а с наличием НП на берегу (например, при расстоянии ≤ 100 м.; $\chi^2 = 5.53$; $p=0.02$; $G^2=5.99$; $p=0.01$; F_{2sd} : $p=0.04$).

Обозначим долю случаев встреч *H. sosnowskyi* на левом берегу при наличии НП как $p_{1L}=0.75$, а долю случаев встреч растения на левом берегу при отсутствии НП как $p_{2L}=0.23$ (рис. 2). Сравнение этих показателей по Z-критерию показывает, что p_{1L} статистически значимо отличается от p_{2L} ($Z=2.596$; $p=0.009$), то есть существенный рост случаев встреч *H. sosnowskyi* на левом берегу до 75% связан именно с наличием НП.

Проведённая проверка с помощью комплексов тестов сопряжённых таблиц χ^2 , G^2 , F_{2sd} показала, что на правом берегу растение тоже приурочено к НП (рис. 3) ($\chi^2 = 7.29$; $P=0.007$; $G^2=7.49$; $p=0.006$; F_{2sd} : $p=0.018$). Аналогичным образом обозначим доли случаев встреч *H. sosnowskyi* на правом берегу при наличии и отсутствии НП через $p_{1R}=0.8$ и $p_{2R}=0.17$, соответственно. Сравнение этих долей p_{1R} и p_{2R} по

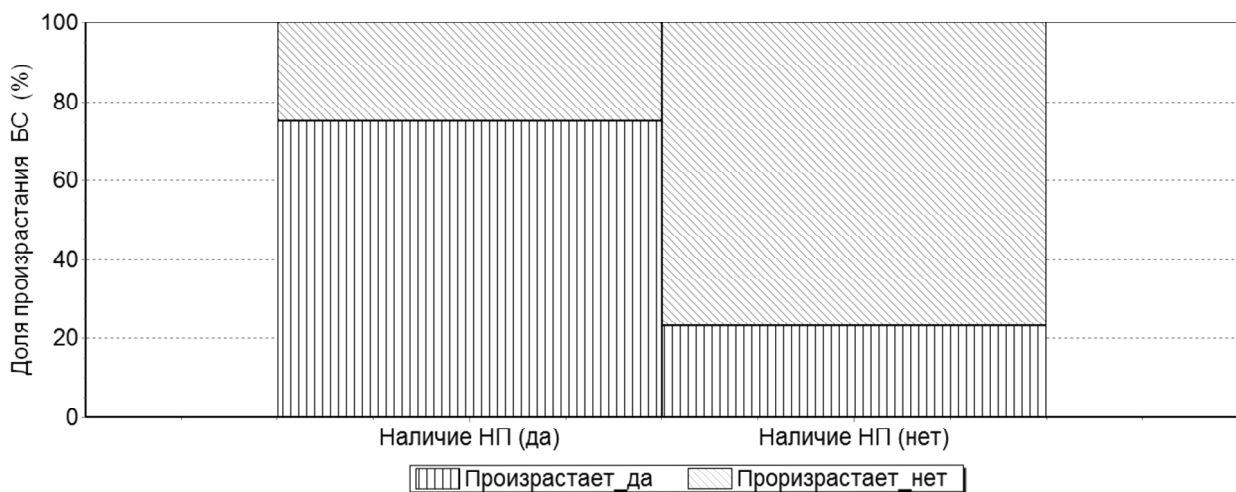


Рис. 2. Мозаичная диаграмма частоты встречаемости *H. sosnowskyi* на левом берегу при наличии и отсутствии населённых пунктов ($n=25$; n – размер выборки).

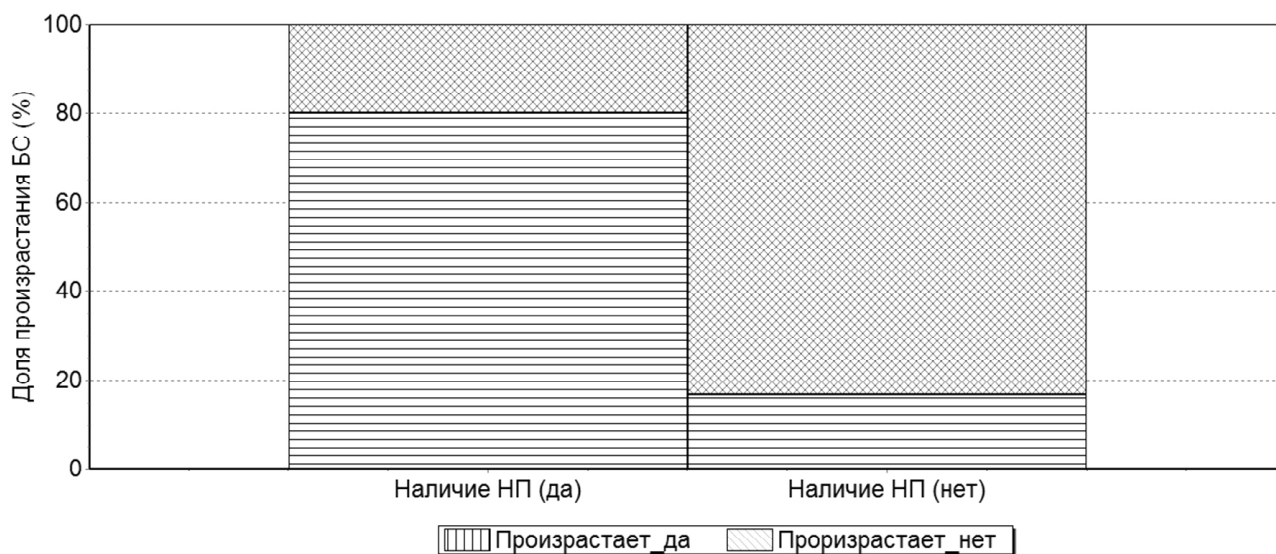


Рис. 3. Мозаичная диаграмма частоты встречаемости *H. sosnowskyi* на правом берегу при наличии и отсутствии населённых пунктов ($n=21$).

Z-критерию показало, что они статистически значимо отличаются ($Z=2.7$; $p=0.007$), то есть существенное увеличение случаев произрастания *H. sosnowskyi* до 80% на правом берегу связано с наличием НП.

Среднее расстояние от НП на правом берегу составляет 188 м (70), и вероятность встречи растения связана не с расстоянием от НП, а с наличием НП на берегу (например, при расстоянии ≤ 100 ; $\chi^2=6.43$; 0.01 ; $G^2 = 7.72$; $p=0.005$; F_{2sd} : $p = 0.03$).

Для получения общей картины для обоих берегов мы сравнивали доли $p_{1L} = 0.75$ с $p_{1R} = 0.8$ и $p_{2L} = 0.23$ с $p_{2R} = 0.17$, соответственно. Из этого анализа следует, что доли p_{1L} и p_{1R} не значимо отличаются друг от друга ($p = 0.76$), поэтому для общей характеристики случаев встреч *H. sosnowskyi* при наличии НП на обоих берегах можно использовать объединённые данные.

Сравнение долей $p_{2L} = 0.23$ и $p_{2R} = 0.17$ показало, что их различие также статистически не значимо ($Z=0.32$; $p=0.75$), и для общей характеристики обоих берегов рек можно использовать показатели для объединённых данных произрастания *H. sosnowskyi* при отсутствии НП.

Возможность объединения данных также не отклоняется по среднему расстоянию НП на обоих берегах. Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с фиксированными эф-

фектами показал, что различие средних расстояний 480 м (296) и 188 м (70) статистически не различается ($F=0.92$; $p=0.32$), то есть отклонение линейных расстояний расположения НП на обоих берегах не может быть причиной различия для произрастания *H. sosnowskyi* в долинах больших и средних рек.

Данные после объединения выборок двух берегов позволяют утверждать, что процент случаев встреч растения на обоих берегах при наличии и отсутствии НП составляет 78% и 21%, соответственно ($Z=3.8$; $p=0.0002$; $n=46$).

Проверка гипотезы о влиянии наличия фермерских хозяйств на частоту встреч *H. sosnowskyi* на обоих берегах показала, что его появление в долинах средних и больших рек не связано с наличием или отсутствием фермерских хозяйств ($\chi^2=0.01$; $p=0.92$).

2. Влияние преград (опор мостов, действующих и разрушенных гидротехнических сооружений) на вселение борщевика Сосновского в долины средних и больших рек. Проверка гипотезы о влиянии преград на произрастание *H. sosnowskyi* дала положительный результат (рис. 4), то есть наличие преград действительно оказывает существенное влияние на вселение растения ($\chi^2=4.59$; $p=0.03$; $G^2=4.65$; $p=0.03$; F_{2sd} : $p=0.05$).

Сравнение долей встречаемости *H. sosnowskyi* при наличии ($p_{1B}=0.75$) и отсут-

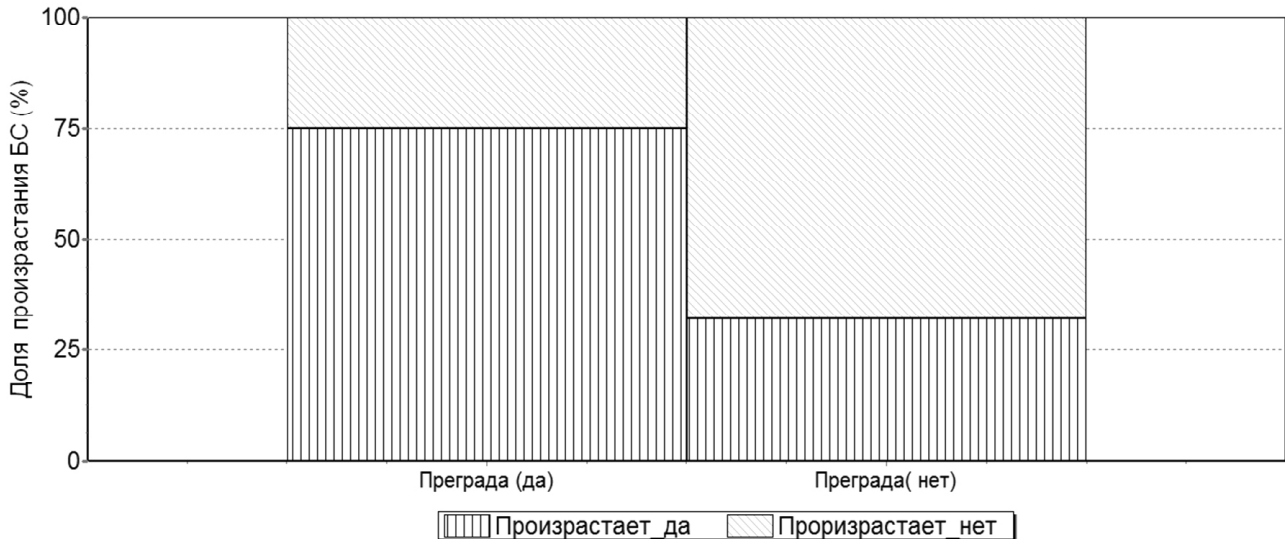


Рис. 4. Мозаичная диаграмма частоты произрастания *H. sosnowskyi* на берегах рек при наличии и отсутствии преград разного происхождения (n=33).

ствии ($p_{2B}=0.32$) преград на берегах по Z -критерию показало их статистически значимое различие ($Z=2.14$; $p=0.032$), то есть при наличии преград наблюдается увеличение шансов вселения *H. sosnowskyi* в долины средних и больших рек в 2.3 раза.

3. Влияние оврагов на вероятность инвазии растения в долинах средних и больших рек. В отличие от преград, которые можно рассматривать как положительные формы рельефа, овраги представляют собой отрицательные формы рельефа на склонах коренных берегов, террасах, поймах и бечевниках. Их днища вблизи устья обычно достигают уровня поймы или бечевников реки, в которую они впадают. Сравнительный анализ влияния оврагов на успех вселения *H. sosnowskyi* показывает, что их наличие снижает вероятность появления сорняка в долинах крупных и средних рек (рис. 5). Процент приуроченности произрастания *H. sosnowskyi* к берегам без оврагов составляет 76%, что значительно выше тех 24% случаев, когда берега рассечены оврагами ($\chi^2=9.76$; $p=0.002$; $G^2=10.19$, $p=0.01$; $A^2=5.38$, $p=0.002$). При этом в 100% случаев растения были обнаружены ниже по течению от устьев оврагов, заросших *H. sosnowskyi*.

4. Результаты анализа зависимости произрастания борщевика Сосновского от абразионного или аккумулятивного характе-

ра берегов. Анализ показал отсутствие выраженной приуроченности *H. sosnowskyi* к абразионным берегам ($\chi^2=0.53$; $p=0.47$; $G^2=0.24$, $p=0.63$; $A^2=0.26$, $p>0.25$), то есть частота встреч растения на абразионных берегах и его отсутствие составляют 59% или 41%, соответственно. Вероятность обнаружения *H. sosnowskyi* на аккумулятивных берегах значительно ниже и равна 21%, то есть на аккумулятивных берегах для большинства наблюдений (79%) отмечено отсутствие инвайдера. Статическое значимое различие этих показателей ($\chi^2=5.26$; $P=0.02$; $G^2=5.54$, $p=0.02$; $A^2=3.18$, $p=0.02$) позволяет утверждать, что аккумулятивные берега неблагоприятны для инвазии *H. sosnowskyi*. При сравнении частоты находок борщевика на берегах разного типа выявлено, что процент встречаемости растения на абразионных берегах (59%) статистически значимо выше по сравнению с аккумулятивными берегами (21%) ($Z=2.32$; $p=0.02$). Это позволяет сформулировать положение о том, что вероятность произрастания *H. sosnowskyi* на абразионных берегах в 2.8 раза выше, чем на аккумулятивных берегах.

5. Результаты анализа зависимости произрастания борщевика Сосновского от литологического состава горных пород (типа горных пород), слагающих берег. Доли произрастания *H. sosnowskyi* на горных породах

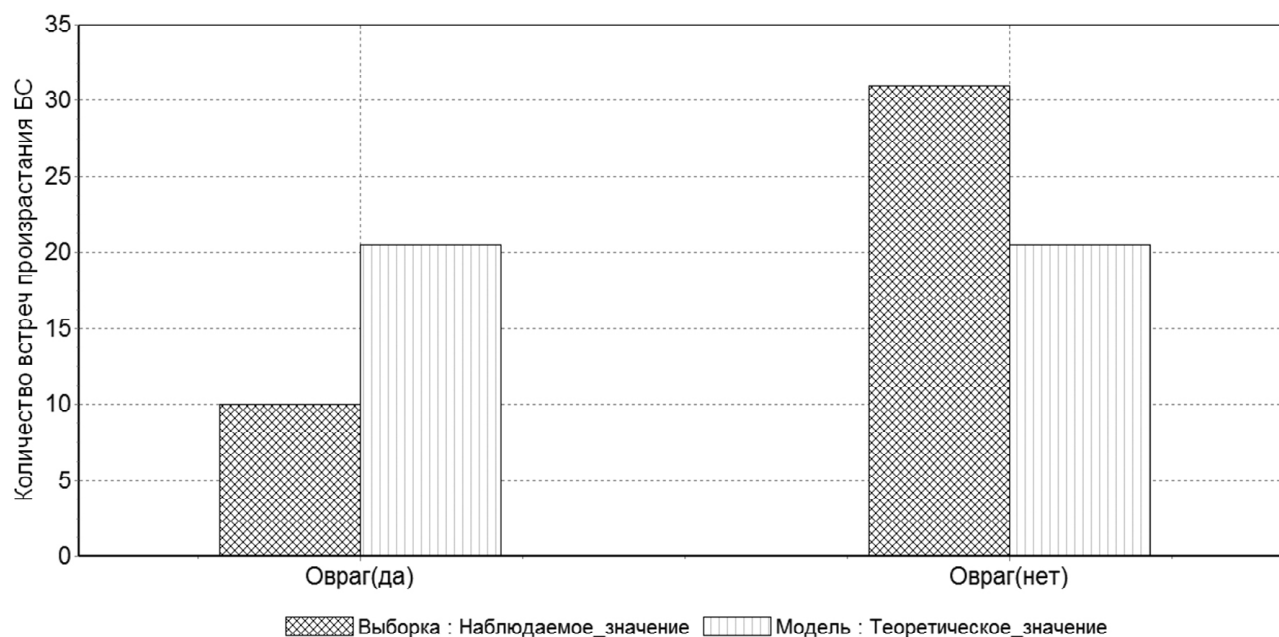


Рис. 5. Диаграмма частоты произрастания *H. sosnowskyi* на берегах рек при наличии и отсутствии оврагов.

разного литологического состава представлены на рис. 6. Из этого рисунка визуально можно выделить две группировки горных пород: 1, 2, 6 и 3, 4, 5, которые могут отличаться друг от друга. Однако множественный критерий Тьюки ($\alpha=0.5$) позволяет установить следующий ранжированный порядок долей произрастания: $p_{п5}=p_{п3} \gg p_{п1}=p_{п2}=p_{п6}$, то есть произрастание на горных породах, обозначенных на рисунке цифрами 5 ($p_{п5}$) и 3 ($p_{п3}$) статистически значимо выше по сравнению с породами 1 ($p_{п1}$), 2 ($p_{п2}$) и 6 ($p_{п6}$). К сожалению, утверждение относительно типа 4 неоднозначно, и требуются дополнительные данные для проверки. Конечно, этот тип ближе к первой группировке (типы 3 и 5), чем ко второй (типы 1, 2 и 6), хотя множественный критерий Тьюки не позволяет сделать вывод относительно типа 4, и требуются новые данные для проверки гипотезы. Тем не менее, на этом этапе анализа можно утверждать, что песчаные горные породы значительно снижают вероятность инвазии *H. sosnowskyi*.

6. Результаты анализа зависимости произрастания борщевика Сосновского от плотности пород. Поскольку карбонатные породы (известняки, мергели, доломиты) более благоприятны для произрастания *H.*

sosnowskyi, проведён анализ влияния плотности карбонатных пород на успех вселения вида (рис. 7). Эти породы, вскрываемые многими реками, могут быть представлены как рыхлыми щебнистыми («разборными») отложениями, так и плитняком. Вместе с плотными породами учтены случаи обнаружения растения на плотинах и набережных, выложенных бетонными и гранитными блоками, которые (с известными допущениями) тоже можно рассматривать как очень твёрдую и плотную подстилающую поверхность. Сравнение долей произрастания *H. sosnowskyi* в зависимости от плотности пород на берегах рек по Z-критерию показало их статистически значимое различие ($Z=3.54$; $P=0.0004$), то есть встречаемость *H. sosnowskyi* на рыхлых и щебнистых грунтах (75%) в 2.85 раза превышает встречаемость растения на плотных породах (26%).

7. Результаты анализа влияния кривизны берегов на произрастание борщевика Сосновского. Проведённый анализ показал, что статистически значимое различие между выпуклыми, вогнутыми и прямолинейными берегами рек отсутствует (рис. 8) ($\chi^2=0.49$; $p=0.78$; $G^2=2.46$; $p=0.29$), то есть вероятность произрастания *H. sosnowskyi* на берегах всех трёх типов составляет примерно 33%.

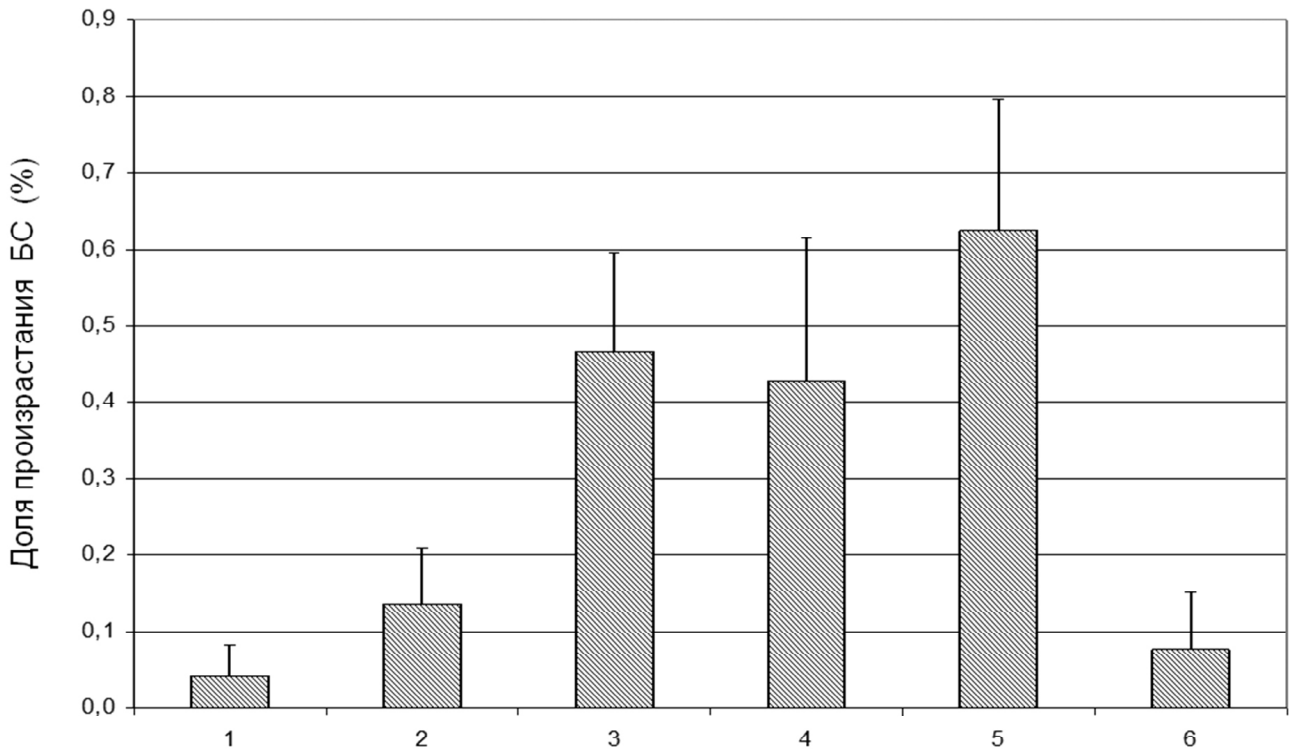


Рис. 6. Доля произрастания *H. sosnowskyi* (со стандартной ошибкой) в разных по литологическому составу горных породах, слагающих берега: 1 – песок (n=24); 2 – моренные суглинки (n=22); 3 – карбонатные породы (n=15); 4 – песок, подстилаемый карбонатными породами (n=7); 5 – моренные суглинки, подстилаемые карбонатными породами (n=8); 6 – пески с прослоями глин и суглинков разного генезиса (n=13).

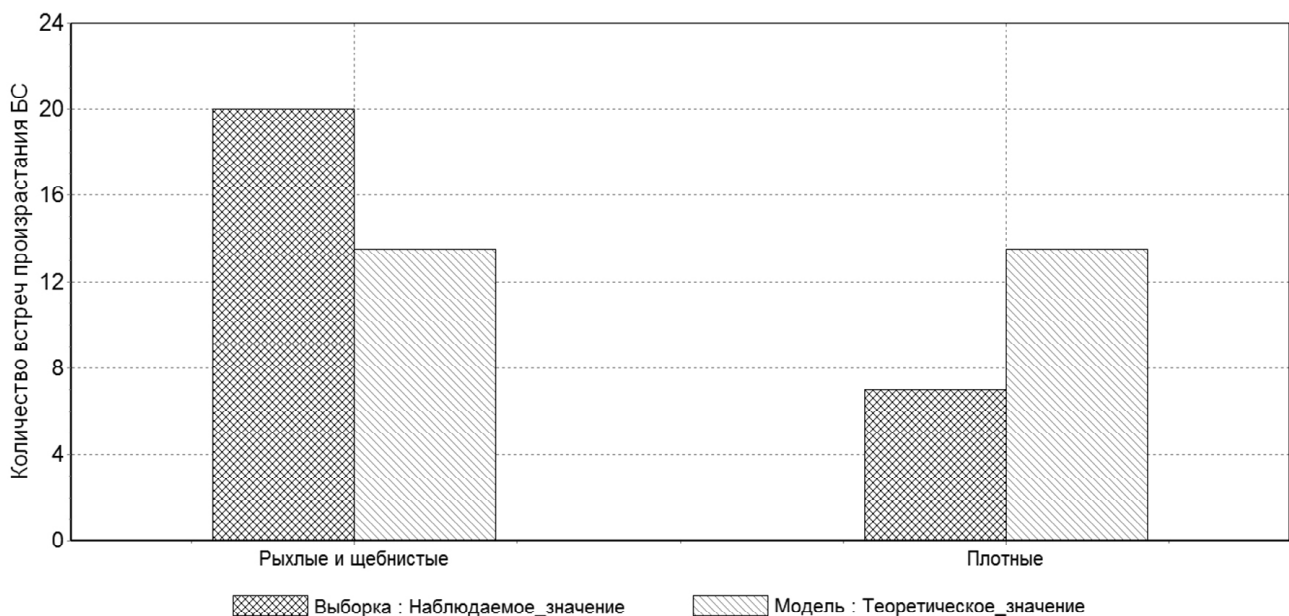


Рис. 7. Диаграмма распределения встречаемости произрастания *H. sosnowskyi* в зависимости от плотности пород, слагающих берега рек.

Равномерный характер распределения *H. sosnowskyi* на выпуклых, вогнутых и прямолинейных берегах подтверждается другими

критериями согласия: Крамера-фон Мизеса-Смирнова, Ватсона и Андерсона-Дарлингга для дискретных и сгруппированных данных

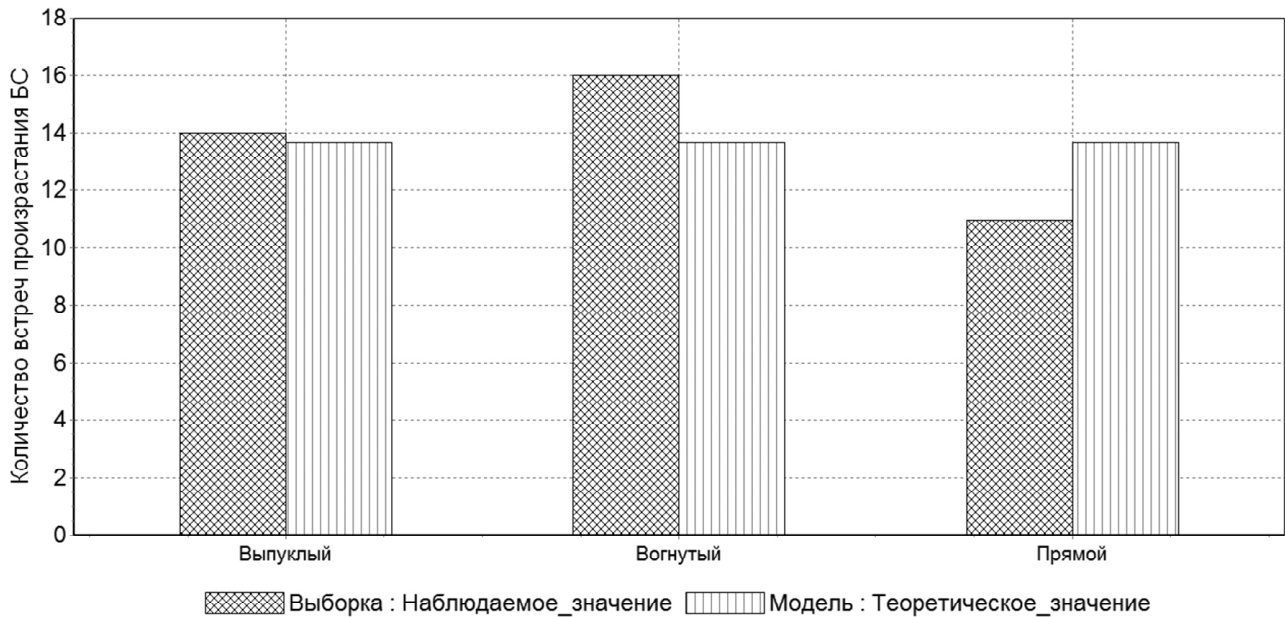


Рис. 8. Диаграмма приуроченности *H. sosnowskyi* к выпуклым, вогнутым и прямолинейным берегам рек.

($p > 0.25$). Это означает, что растение не демонстрирует выраженного предпочтения ни к излучинам рек, ни к прямолинейным участкам течения.

8. Результаты анализа приуроченности борщевика Сосновского к структурным элементам ландшафта долин рек (бечевник, низкая пойма, средняя пойма, высокая пойма, терраса, коренной берег). В других сериях проверки проведён анализ зависимости между структурными элементами ландшафта долин рек и произрастанием *H. sosnowskyi*. Анализ с помощью набора тестов показал, что существует статистически значимое различие вероятности встреч борщевика на разных структурных элементах ландшафта ($\chi^2 = 38.47$, $p < 0.001$; $G^2 = 38.31$, $p < 0.001$; $W^2 = 0.98$, $p < 0.01$; $U^2 = 0.72$, $p < 0.01$; $A^2 = 6.04$, $p < 0.01$) (рис. 9).

Поскольку встречаемость *H. sosnowskyi* на разных структурных элементах ландшафта статистически значимо различается, проведён дополнительный множественный анализ по критерию Тьюки (α). Этот тест позволил выделить следующий ранжированный ряд предпочтения борщевиком разных элементов ландшафта: $p_{КБ} = p_{Беч} \gg p_{НП} = p_{СП} = p_{ВП} = p_{Тер}$, то есть на коренных берегах (40%) и на бечевниках (28%) суммарная встречаемость *H. sosnowskyi* выше по сравнению с другими структурными

элементами ландшафта. В целом можно утверждать, что в 86% случаев растения были обнаружены на бечевнике, коренном берегу и высокой пойме.

9. Результаты анализа приуроченности произрастания борщевика Сосновского к элементам мезорельефа долин рек (ложбина, склон, вал, горизонтальная поверхность). Сравнительный анализ взаимосвязи между элементами мезорельефа и выявленных точек произрастания *H. sosnowskyi* показал, что по этому критерию в целом существует статистически значимое различие ($\chi^2 = 9.63$; $p = 0.008$; $G^2 = 9.77$, $p = 0.02$; $W^2 = 0.23$, $p = 0.05$; $U^2 = 0.16$, $p = 0.05$; $A^2 = 1.2$, $p = 0.056$) (рис. 10), хотя утверждение о наличии различия между элементами мезорельефа строго не подтверждается всеми тестами. Например, если по критериям Пирсона (χ^2) и отношению правдоподобия (G^2) p -значения ($p = 0.0081$, $p = 0.02$) ниже принятого уровня значимости $\chi^2 = 0.5$, то по критериям Крамера-фон Мизеса-Смирнова и Ватсона p -значения равны 0.5. По критерию Андерсона-Дарлинга различие приуроченности *H. sosnowskyi* к разным элементам мезорельефа недостоверно ($p > 0.05$). Дополнительная проверка с помощью множественного критерия Тьюки показала, что встречаемость растения на склонах (41%) существенно больше его встречаемости на гори-

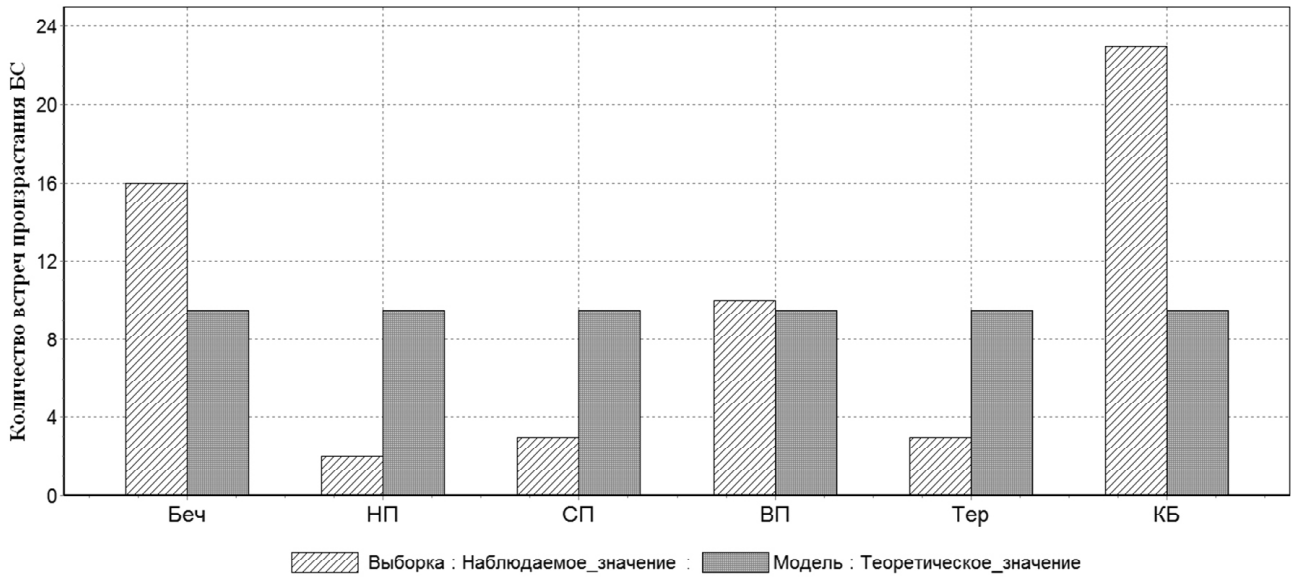


Рис. 9. Диаграмма приуроченности *H. sosnowskyi* к разным структурным элементам ландшафта долины рек (Беч – бечевник; НП – низкая пойма; СП – средняя пойма; ВП – высокая пойма; Тер – Терраса; КБ – коренной берег).

горизонтальной поверхности (12%) и на валах (15%). Кроме этого, можно утверждать, что встречаемость *H. sosnowskyi* в ложбинах (31%) не различается от таковой на склонах. Однако утверждение относительно приуроченности растения к ложбинам, горизонтальным поверхностям и валам требует проверки на основе дополнительных данных.

10. Результаты анализа приуроченности борщевика Сосновского к травянистым и древесно-кустарниковым растительным сообществам. Для понимания предпочтения борщевиком разных типов растительных сообществ, которые обычно взаимосвязаны со структурными элементами ландшафта речной долины, проведён анализ приуроченности *H.*

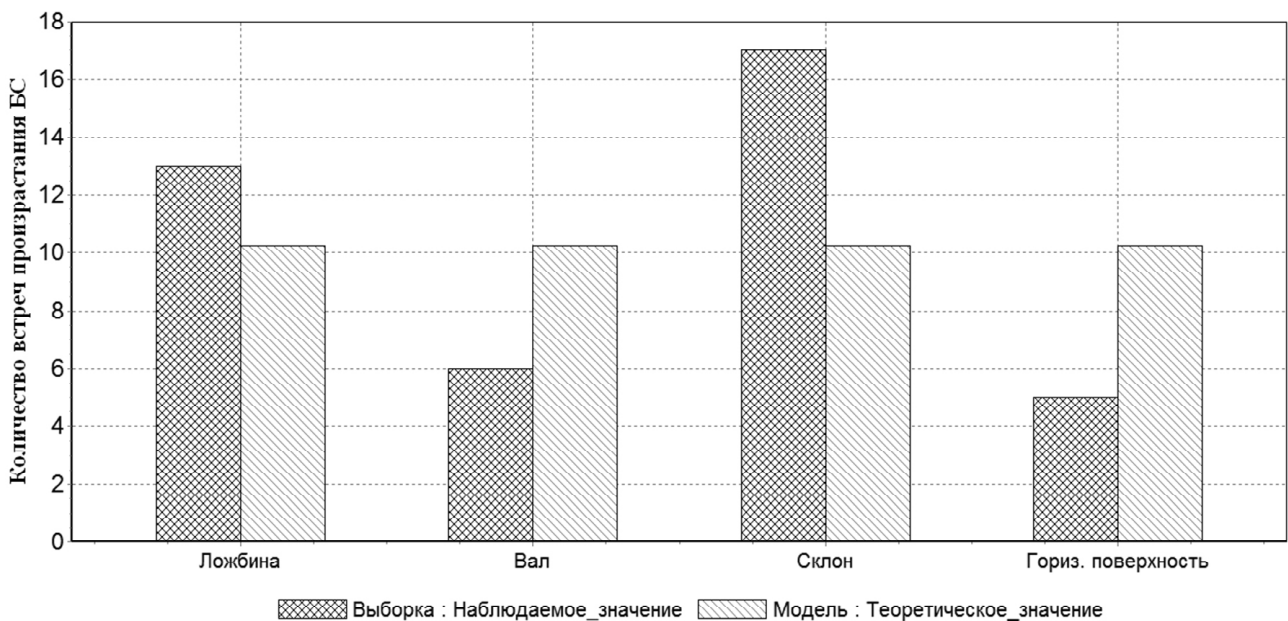


Рис. 10. Диаграмма распределения участков наблюдения произрастания *H. sosnowskyi* в зависимости от элемента мезорельефа берегов рек.

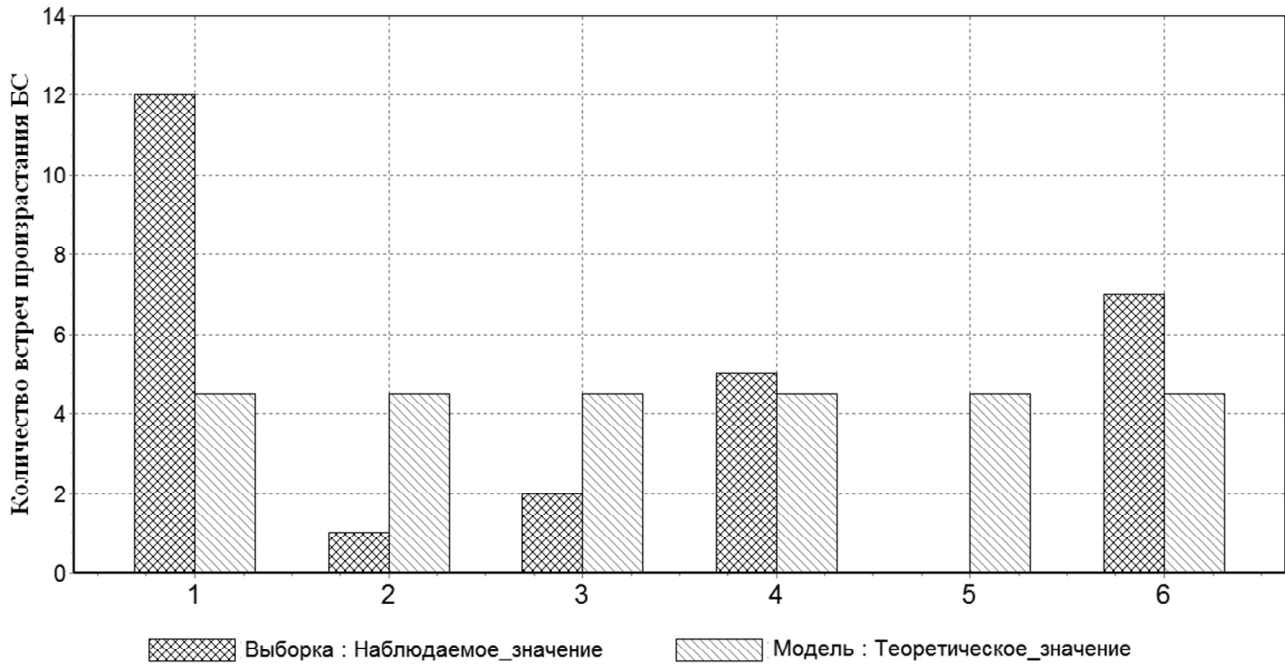


Рис. 11. Диаграмма распределения точек наблюдения приуроченности *H. sosnowskyi* к травяным сообществам на берегах рек (Беч – бечевник; НП – низкая пойма; СП – средняя пойма; ВП – высокая пойма; Тер – Терраса; КБ – коренной берег).

sosnowskyi к травянистым и древесно-кустарниковым сообществам. Анализ показал, что вероятность встречи *H. sosnowskyi* на лугах бечевников, высоких пойм и коренных берегов ($W^2=0.52$, $p=0.038$; $U^2=0.36$, $p=0.003$; $A^2=3.39$, $p=0.016$) выше, чем на других структурных элементах ландшафта долин рек (рис. 11). Проведённый дополнительный анализ с помощью множественного сравнения ($\alpha=0.05$) позволил выделить следующий ранжированный ряд предпочтения *H. sosnowskyi*: $p_{\text{Беч}}=p_{\text{ВП}}=p_{\text{КБ}} \gg p_{\text{НП}}=p_{\text{СП}}=p_{\text{Тер}}$. Хотя различие долей приуроченности между бечевником, верхней поймой и коренным берегом статистически недостоверно ($p>0.05$), тем не менее, значительная доля случаев встреч растения в травяных сообществах (44%) связана с бечевником. Суммарная встречаемость *H. sosnowskyi* на трёх указанных структурных элементах ландшафта долин рек составляет 88%.

Анализ встречаемости *H. sosnowskyi* в древесно-кустарниковых сообществах показал статистическое значимое различие ($W^2=1.72$, $p<0.001$; $U^2=0.58$, $p<0.001$; $A^2=9.33$, $p<0.001$) (рис. 12). Множественное сравнение этих до-

лей с помощью критерия Тьюки показало, что существует единственный лидер по инвазии растения в этих сообществах – коренной берег. Анализ позволил строить следующий ранжированный ряд предпочтения *H. sosnowskyi* к древесно-кустарниковым сообществам: $p_{\text{КБ}} \gg p_{\text{Беч}}=p_{\text{НП}}=p_{\text{СП}}=p_{\text{Тер}}=p_{\text{ВП}}$, то есть вероятность встречи *H. sosnowskyi* в древесно-кустарниковых сообществах на коренном берегу значительно превышает все остальные вероятности.

Можно утверждать, что значительная доля встречаемости (53%) связана с коренным берегом. Примерно по 15% приходится на бечевники и высокие поймы. В целом 83% всех случаев встречаемости приходится на коренной берег, бечевник и высокую пойму. Это может свидетельствовать о том, что *H. sosnowskyi* проявляет пластичность и с успехом может осваивать древесно-кустарниковые сообщества коренных берегов, в то время как инвазии на бечевниках будет способствовать травянистая растительность.

11. Результаты анализа плотности произрастания борщевика Сосновского в долинах рек. В ходе наблюдений было установле-

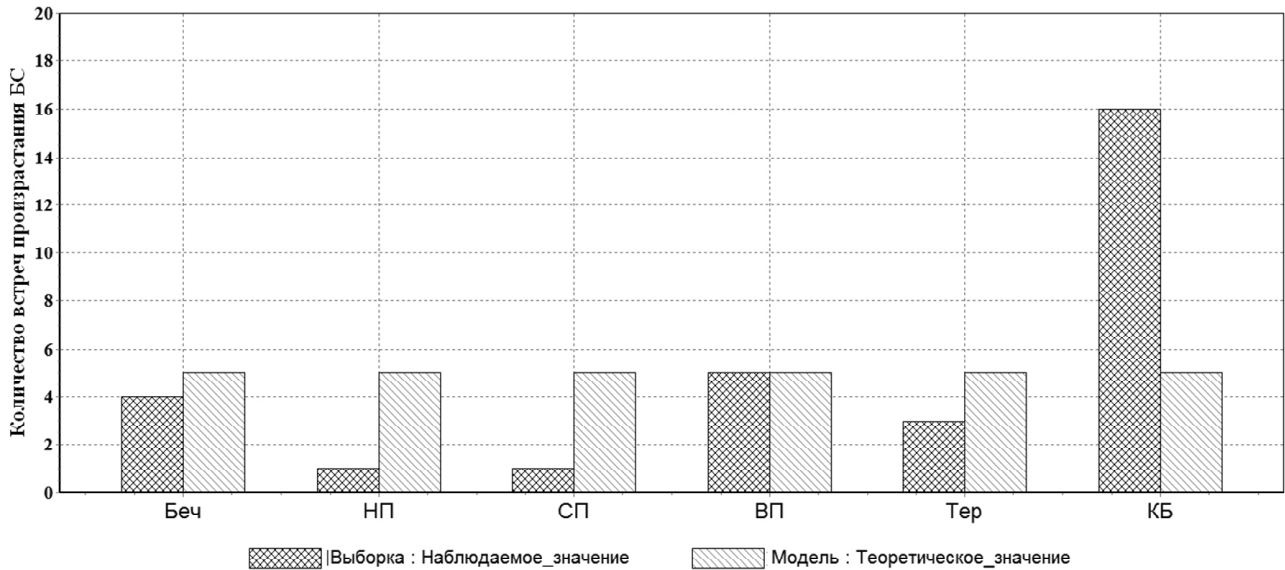


Рис. 12. Диаграмма распределения точек наблюдения приуроченности *H. sosnowskyi* к древесно-кустарниковым сообществам на берегах рек (Беч – бечевник; НП – низкая пойма; СП – средняя пойма; ВП – высокая пойма; Тер – Терраса; КБ – коренной берег).

но, что в долинах рек *H. sosnowskyi* может встречаться единично, образовывать компактные группы, обширные заросли и полосы (рис. 13–16)

Проверка гипотезы характера плотности произрастания *H. sosnowskyi* позволяет утверждать, что между этими типами существует различие ($\chi^2=7.1$; $p=0.028$; $G^2=7.78$, $p=0.05$; $W^2=0.26$, $p=0.034$; $U^2=0.18$, $p=0.04$; $A^2=1.05$, $p=0.086$) на основе всех критериев, за исключением критерия Андерсона-Дар-

линга (рис. 17). Множественное сравнение с помощью критерия Тьюки позволяет утверждать, что частота встречаемости компактных групп растения (39%) существенно выше по сравнению с его обширными зарослями (9%). Единичные растения и полосы *H. sosnowskyi* составляют примерно 27% и 24% и статистически не отличаются от компактных групп.

Однако эта закономерность нарушается, если провести учёт протяжённости группировок *H. sosnowskyi*, измеренных для каждой

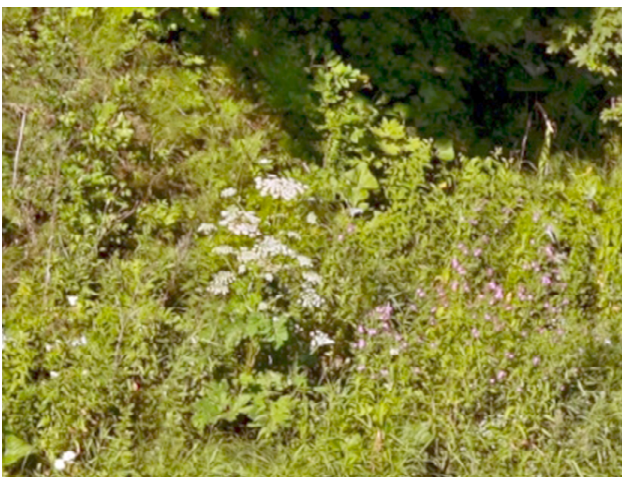


Рис. 13. Единичное произрастание *H. sosnowskyi*, правый берег р. Великая, г. Остров (точка 33, табл. 1). 02.07.2016. Фото Н.А. Озеровой



Рис. 14. Группы *H. sosnowskyi*, правый берег р. Великая, г. Псков (точка 31, табл. 1). 30.06.2016. Фото Н.А. Озеровой



Рис. 15. Полоса из *H. sosnowskyi*, левый берег р. Волга, у н/п Саблино (точка 27, табл. 1). 31.07.2014. Фото Н.А. Озеровой



Рис. 16. Сплошные заросли *H. sosnowskyi*, левый берег р. Волга, г. Ржев (точка 22, табл. 1). 30.07. 2014. Фото Н.А. Озеровой

категории, которые существенно отличаются между собой ($\chi^2=4518$; $p < 0.001$; $G^2=5689$, $p < 0.001$; $W^2=193$, $p < 0.01$; $U^2=128$, $p < 0.01$; $A^2=849$, $p < 0.01$) (рис. 18). Дополнительный анализ с помощью множественного критерия Тьюки показал, что длины каждого из трёх типов произрастания (единичных, компактных групп, полос) существенно превышают длину обширных зарослей на уровне значимости $\alpha = 0.05$.

Обсуждение результатов

H. sosnowskyi – вид, получивший широкое распространение на европейской территории России, в Белоруссии и странах Прибалтики.

Локально он встречается в Польше, Дании и, возможно, в других европейских государствах [Kabuce, Priede, 2010].

Вопрос распространения *H. sosnowskyi* в инвазионном ареале рассматривается в очень многих работах. Чаще всего в литературе можно найти подробные данные об истории расселения борщевика и направлениях сельскохозяйственного использования растения в разных странах. Ряд работ посвящён вопросам проникновения растения в местные экосистемы и его расселения [Кудрявцева, 2013; Кондратьев и др., 2015; Mežaka et al., 2016]. Довольно подробно описаны типичные местообитания *H. sosnowskyi*. В инвазионном ареале ис-

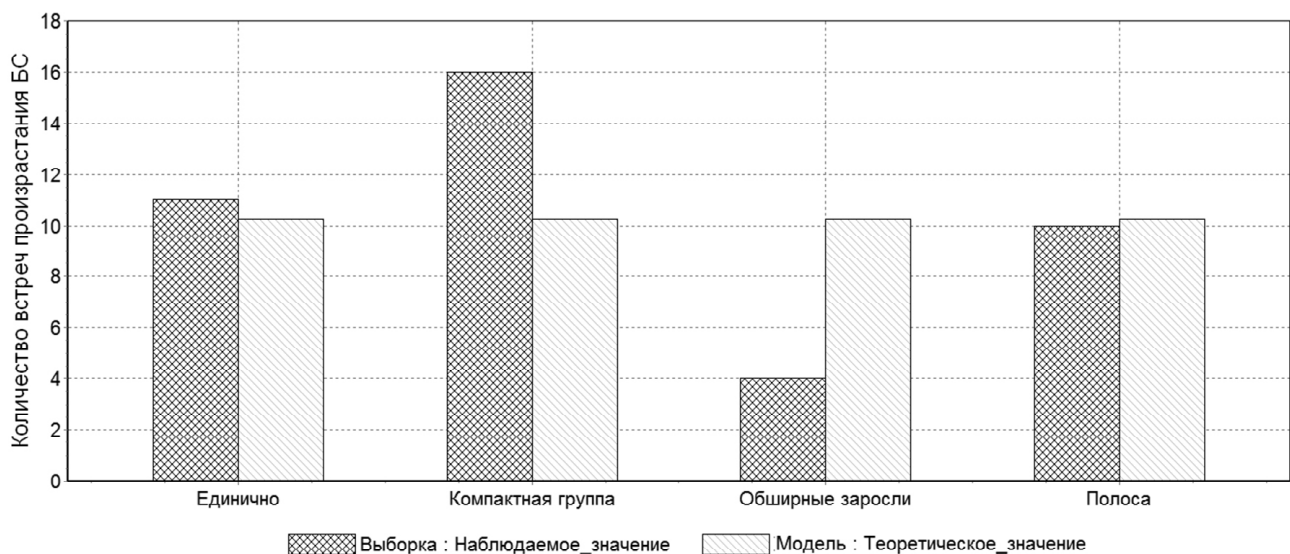


Рис. 17. Характер произрастания *H. sosnowskyi* в долинах рек.

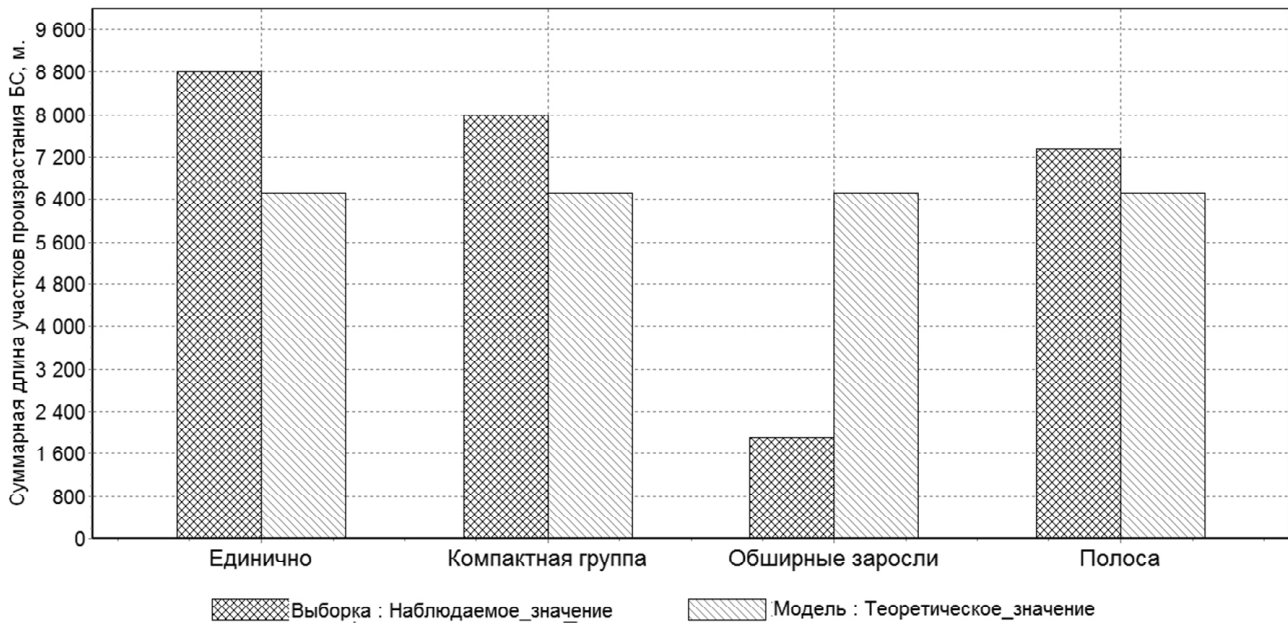


Рис. 18. Диаграмма суммарной протяжённости участков различных типов (по плотности) произрастания *H. sosnowskyi* на берегах рек.

следователи чаще всего отмечают приуроченность растения к антропогенным ландшафтам (дорогам, стройкам, пустырям, паркам, захламлённым приусадебным землям, искусственным насыпям) и агроэкосистемам (полям, заброшенным фермам, пастбищам, садам, лугам), а также к зарослям кустарников [Кабусе, Priede, 2010; Богданов и др., 2011; Виноградова, Куклина, 2012; Лунева, 2014; и др.]. В Латвии растение чаще встречается в сельских ландшафтах, чем в городах и пригородах. Сорняк предпочитает умеренно влажные нейтральные почвы с высоким содержанием питательных веществ [Mežaka et al., 2016]. В России растение отмечено и в городских парках [Лунева, 2014].

В некоторых исследованиях приводятся сведения о том, что борщевик Сосновского растёт на берегах и в поймах рек. В частности, в Прибалтике отмечено быстрое распространение этого растения на пространствах, прилегающих к водным бассейнам [Oboleviča, 2001]. Наблюдения, проведённые в Брянской области России, позволяют проследить механизм распространения *H. sosnowskyi* в долинах временных водотоков (балках и оврагах) и малых рек. В частности, установлена приуроченность

молодых растений к эрозионным обнажениям почвы и их отсутствие на неповреждённой дернине, а в долинах малых рек – распространение растения на пойменных лугах и прирусловых ивняках с участием ракиты (*Salix fragilis*) [Панасенко и др., 2013]. Более тщательное изучение вопроса прорастания семян борщевика на территориях заброшенных агроэкосистем показало, что ограничивающим фактором на этом этапе инвазии является плотность фитоценоза, и если в нём встречаются микродепрессии, заполненные вейником (*Calamagrostis sp.*), пушицей (*Enophorum sp.*), осоками (*Carex sp.*) и щучкой (*Deschampsia sp.*), то эти площадки борщевик Сосновского не заселяет [Кондратьев и др., 2015].

В настоящее время составлены картосхемы распространения борщевика Сосновского в некоторых странах Зарубежной Европы и в Белоруссии. Они построены на основе гербарных сборов и регистрации координат мест обнаружения, фиксируя лишь фактический инвазионный ареал растения [Jahodová et al., 2007; Kabuce, Priede, 2010; Базар, 2011; Mežaka et al., 2016; и др.]. По ним трудно судить о приуроченности *H. sosnowskyi* к каким-либо крупным объектам речной сети, участкам их тече-

ния или к структурным элементам ландшафтов их долин.

Известна картосхема для Европейской части России, отражающая проблему распространения борщевика Сосновского на уровне административных районов, для которых была собрана информация о конкретных местах локализации растения. Однако сами авторы отмечали, что она неполна и лишь приблизительно отражает существующую ситуацию [Богданов и др., 2011]. Хотя эта картосхема даёт лишь грубое представление о масштабах инвазии *H. sosnowskyi* на территории Европейской части России, по ней можно определить примерные границы территорий, где он получил распространение. При наложении этой картосхемы на гидрографическую сеть установлено, что реки Сухона, Волхов, Нева, Свирь, Сясь, Тихвинка, Чагода, Чагодоща, Волга и Ладожские каналы находятся в зоне неконтролируемого распространения борщевика Сосновского, а значит, можно ожидать, что на их берегах появится этот инвайдер. Однако полевые наблюдения 2008–2016 гг. показали, что растение было обнаружено в долинах только некоторых из перечисленных выше рек. Из этого можно сделать вывод, что факт протекания большой или средней реки в зоне распространения борщевика Сосновского вовсе не гарантирует его инвазию в речные экосистемы. Таким образом, на процесс вселения *H. sosnowskyi* оказывают влияние и дополнительные условия.

Несмотря на обширность данных о борщевике Сосновского в инвазионном ареале, следует признать, что эти сведения при всём своём многообразии и разноплановости не позволяют дать научно обоснованного ответа на вопрос о пространственном распределении этого растения в долинах больших и средних рек, так как такого рода исследований до настоящего времени ещё не проводилось ни в России, ни за рубежом. Долины больших и средних рек – особый комплекс ландшафтов, на который сильно влияет водный режим. Природные комплексы долин формируются в результате сочетания подстилающих горных пород, аккумулятивной и эрозионной деятельно-

сти реки. Появление *H. sosnowskyi* на берегах рек может быть обусловлено влиянием сразу нескольких факторов.

Во многих отечественных и зарубежных работах отмечается, что борщевик Сосновского обычно растёт в изменённых человеком ландшафтах, то есть на территориях, находящихся в непосредственной близости от населённых пунктов. Поэтому был предпринят анализ влияния фактора наличия населённых пунктов на вероятность вселения сорняка в долины больших и средних рек. Он показал, что этот фактор, независимо от того, на каком берегу и насколько далеко от места обнаружения растения находится поселение, действительно играет чрезвычайно важную роль. Хотя в некоторых документах подчёркивается, что растение вначале высаживалось вблизи силосных ям на фермах [Постановление..., 2015], наше исследование убедительно показывает, что сегодня фактор наличия брошенных ферм советской эпохи не влияет на вселение сорняка в долины больших и средних рек. По-видимому, за последние полвека растение сформировало очень мощные очаги инвазии в самих населённых пунктах. Они оказывают настолько большое влияние на расселение растения в долинах больших и средних рек, что делают статистически незначимым фактор наличия брошенных ферм советской эпохи на современное распространение вида, даже если допустить, что около каждой из них растёт борщевик Сосновского.

В ходе проведения исследования был впервые выявлен ряд факторов, ранее не рассматривавшихся в работах отечественных и зарубежных учёных. Так, ещё одним выявленным фактором, в 2.3 раза повышающим вероятность закрепления *H. sosnowskyi* в долинах больших и средних рек, стали рукотворные преграды – опоры мостов, остатки шлюзов, насыпи плотин, вблизи которых у речных берегов водный поток всегда замедляется. Это может быть особенно важно при высоких уровнях реки во время паводков и половодий. Можно предположить, что семена растения остаются в почве или не уносятся далеко вниз по течению, где условия для их прорастания

могут оказаться неподходящими. Кроме того, замедленное течение обычно сопровождается аккумуляцией речных наносов, содержащих массу питательных веществ для *H. sosnowskyi*, предпочитающего плодородные почвы.

При этом какого-либо выраженного предпочтения борщевиком Сосновского прямолинейных отрезков русла, вогнутых или выпуклых берегов не обнаружено, хотя скорость течения реки у берегов с разной кривизной (в плане) может отличаться. Видимо, эти отличия не настолько существенны, чтобы способствовать вселению растения, и семена действительно разносятся и прорастают на берегах рек случайным образом. Однако вблизи рукотворных преград, значительная часть которых (75%) представляет собой препятствия, определяющие возможность транспортного сообщения между берегами рек, вероятность заноса семян становится выше. Следовательно, локальное снижение скорости речного потока вблизи преград лишь отчасти способствует инвазии растения. Намного большее значение оказывает хозяйственная деятельность человека, повышая вероятность заноса семян в долины больших и средних рек.

Не обнаружено зависимости между вселением борщевика Сосновского и наличием оврагов, даже несмотря на то, что все учтённые при проведении исследования овраги, выходящие к руслам рек, заросли инвайдером. В 76% случаев растение встречалось на берегах, не рассечённых оврагами. Это различие позволяет утверждать, что овраги, даже заросшие борщевиком Сосновского, не являются основными коридорами инвазии, и семена сорняка попадают в долины больших и средних рек с водоразделов не только по руслам временных потоков, а другими путями. Таким образом, получены подтверждения наблюдения о том, что с помощью водных потоков (гидрохорно) во время паводков и половодий семена распространяются реже [Панасенко и др., 2013]. При этом в 100% случаев растения были обнаружены ниже по течению от устьев оврагов, заросших сорняком. Это свидетельствует о том, что семена борщевика Сосновского подвержены переносу при помощи гидрохории.

Что касается предпочтения растением других форм мезорельефа (валов, склонов, горизонтальных поверхностей, параллельных руслу ложбин у подножия берега), то достоверных закономерностей установить не удалось. *H. sosnowskyi*, вероятно, чаще встречается на склонах и в большей степени приурочен к ложбинам. Однако эти утверждения требуют дополнительной проверки.

Одним из существенных факторов, оказывающих влияние на вероятность встречи борщевика Сосновского, стали литологические свойства пород, слагающих речную долину. Наиболее предпочтительны для растения карбонатные породы, представленные известняками, мергелями или доломитами, особенно в сочетании с маломощными перекрывающими их моренными суглинками. При этом растения предпочитают рыхлые и щебнистые отложения плитняку, на котором почти невозможно укорениться. Песчаные породы, напротив, значительно снижают вероятность заселения растением берегов рек. Даже на маломощных песках, подстилаемых карбонатными отложениями, вероятность встречаемости сорняка снижается. Можно предположить, что выявленная закономерность обусловлена различной трофностью субстрата: мощные пески и образующиеся на них песчаные и супесчаные почвы обычно менее плодородны, чем суглинистые почвы. Кроме того, в песчаных почвах содержится меньше влаги. Присутствие карбонатных пород и формирующиеся на них почвы (рендзины) более плодородны, чем почвы, образующиеся на моренных суглинках и песках.

Установлено, что борщевик Сосновского по-разному осваивает структурные элементы ландшафта долины реки. Например, растение заселяет преимущественно бечевники, сложенные щебнистыми карбонатными породами с некоторым содержанием мелкозёма, на которых способна развиваться пионерная растительность (белокопытник и т. п.). Лишённые растительности бечевники, образованные плитняком, борщевик не заселяет. Так, растение не обнаружено на участках берегов р. Великая с выходами плитняка. Инвайдер отсут-

ствовал на покатых и голых бечевниках нижней Сухоны, сложенных грубым щебнистым материалом, несмотря на то, что долина этой реки прорезает карбонатные отложения и находится в зоне распространения сорняка. Однако на каменистых конусах выноса оврагов и ручьёв и на осыпных щебнистых отложениях у подножия коренного берега был отмечен другой представитель зонтичных – дудник лесной (*Angelica sylvestris*). Вполне возможно, что в Вологодской области борщевик Сосновского, распространённый не так широко, как в Ленинградской или Тверской областях, ещё не достиг долины р. Сухоны.

Кроме бечевников, борщевик Сосновского с успехом осваивает склоны коренных берегов. На высоких поймах растение демонстрирует показатели, незначительно превышающие модельные теоретические значения (см. рис. 9). Отметим, что высокие поймы и коренные берега редко заливаются во время половодий и паводков. Вода на высоких поймах почти не застаивается. Бечевники затапливаются ежегодно, но на непродолжительное время. Такое предпочтение свидетельствует о том, что инвайдер не выносит длительного подтопления, но способен выдерживать кратковременное повышение уровня речных вод.

Установлено, что *H. sosnowskyi* демонстрирует большую приуроченность к абразионным берегам, на которых чаще встречаются лишённые растительности участки. На аккумулятивных низких берегах преобладает накопление речных наносов, и лишённые растительности участки образуются реже. Для этих берегов характерен застойный режим увлажнения, обширные пространства с большими площадями пойм низкого и среднего уровней. Именно поэтому борщевик Сосновского редко встречается на аккумулятивных берегах.

Вероятно, низкие и средние поймы *H. sosnowskyi* старается избегать не только из-за особенностей водного режима, но и потому, что они обычно зарастают манником (*Glyceria maxima*), вейником (*Calamagrostis sp.*), канареечником (*Phalaroides arundinacea*), осоками (*Carex sp.*), лисохвостом (*Alopecurus sp.*), щучкой и другими влаголюбивыми растениями.

Таким образом, наблюдения ещё раз подтверждают тот факт, что борщевик Сосновского не заселяет сообщества, образованные многочисленными видами осок и злаковых, в том числе вейником и щучкой [Кондратьев и др., 2015].

Анализ не выявил достоверного предпочтения *H. sosnowskyi* травянистых или древесно-кустарниковых сообществ. Данные полевых исследований 2008–2016 гг. свидетельствуют о том, что сорняк растёт на бечевниках с травянистой растительностью и на коренных берегах, занятых древесно-кустарниковыми зарослями. На высокой пойме растение демонстрирует небольшое предпочтение древесно-кустарниковых сообществ луговым; на остальных структурных элементах ландшафта тяготеет к травянистым сообществам. Таким образом, собранных данных оказалось недостаточно для того, чтобы сделать вывод о влиянии типа растительности на вероятность инвазии борщевика Сосновского в долины больших и средних рек и ответить на вопрос, задерживает ли древесно-кустарниковая растительность семена сорняка, способствуя образованию новых очагов инвазии. По-видимому, этот вопрос требует проведения нового и более детального исследования, связанного с более точной локализацией борщевика Сосновского в растительных сообществах долин больших и средних рек.

Выявлено, что растение представлено преимущественно компактными группами, а наименьшая вероятность встречаемости характерна для обширных зарослей. Однако наибольшими по суммарной протяжённости оказались участки единичного распространения растения вдоль берегов рек. Меньшую совокупную протяжённость демонстрируют компактные группы. Такие закономерности могут свидетельствовать о том, что в настоящее время компактные группы являются преимущественным способом существования борщевика Сосновского на берегах больших и средних рек (рис. 17–18).

Единичные растения свидетельствуют о фактах нового вселения борщевика. Такие случаи отмечены на берегах Волги на участке между н/п Мямлино и н/п Колчеватики, на р. Великая в г. Остров, р. Тихвинка у Тверского шлюза, р.

Западная Двина у н/п Руба и др. – всего 11 случаев из 33. При этом в ряде работ подчёркивается, что вокруг единичных растений борщевика Сосновского быстро формируются группы инвайдера [Кондрашкина, Самсонова, 2014; Кондратьев и др., 2015; и др.]. Следовательно, везде, где было отмечено единичное растение, существует вероятность дальнейшей экспансии этого вида. Вначале рядом с ним будут возникать компактные группы, затем они, по-видимому, будут смыкаться в полосы или более крупные группы. На последнем этапе инвазии будут образовываться обширные заросли. Из этого можно сделать предположение, что на берегах Верхней Волги у н/п Мясово, в г. Ржев, Зубцов и на р. Великая в г. Псков борщевик Сосновского обосновался раньше всего. При этом все группировки *H. sosnowskyi* в поймах рек представляют угрозу, так как являются потенциальным источником семян для дальнейшего расселения инвайдера.

Выводы

Проведённый анализ особенностей пространственного распределения, условий произрастания *H. sosnowskyi* и приуроченности к долинам средних и больших рек Восточно-Европейской равнины на основе данных полевых наблюдений позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Распространение *H. sosnowskyi* в долинах средних и больших рек преимущественно связано с населёнными пунктами, вблизи которых растению удалось проникнуть в экосистемы речных долин. Данные выборки для двух берегов позволяют утверждать, что доля встречаемости борщевика Сосновского на обоих берегах при наличии и отсутствии населённых пунктов составляют 78% и 21%, соответственно ($Z=3.8$; $P=0.0002$). Это утверждение подтверждается тем, что различие доли произрастания *H. sosnowskyi* на обоих берегах при наличии населённых пунктов статистически не достоверно и составляет 75% и 80%, соответственно. Это означает, что один из важнейших факторов распространения растения связан с антропогенными нарушениями территорий. Причём выявлено, что фактор удалённо-

сти населённых пунктов и наличие ферм советских времён не оказывали влияния на распространение вида. Однако заросшие этим сорняком овраги и долины малых рек, в которых, как показывают исследования некоторых авторов [Панасенко и др., 2013], создаются благоприятные условия для распространения растения при помощи водных потоков, нельзя рассматривать в качестве основных коридоров для инвазии *H. sosnowskyi* в долины рек. Доля приуроченности произрастания сорняка к берегам рек без оврагов составляет 76%, что значительно выше тех случаев (24%), когда берега рассечены оврагами ($P < 0.01$).

2. Важным фактором, способствующим вселению и закреплению *H. sosnowskyi* в долинах больших и средних рек, являются рукотворные преграды: опоры мостов, сваи действующих и разрушенных гидротехнических сооружений, насыпи, которые замедляют скорость течения рек при высоких уровнях воды и по которым обычно пролегают дороги. Эти препятствия повышают вероятность инвазии *H. sosnowskyi* на берегах рек. Данные показали, что при наличии преград наблюдается увеличение шансов вселения сорняка в 2.3 раза ($p=0.032$). Данные подтверждают, что гидрохория – один из способов распространения борщевика Сосновского.

3. Благоприятны для *H. sosnowskyi* берега рек, сложенные карбонатными породами, такими как известняк, мергель или доломит ($p < 0.05$). Растение приурочено к непосредственным выходам этих пород, а также оно распространено на маломощных суглинках и песках, подстилаемых этими породами. В отношении моренных суглинков такие закономерности выражены в меньшей степени. Песчаные породы, напротив, значительно снижают вероятность инвазии борщевика в долинах рек. Таким образом, можно предположить, что не только в долинах рек, но и на водораздельных пространствах, сложенных песчаными отложениями, вероятность распространения *H. sosnowskyi* будет ниже, чем на аналогичных территориях, сложенных моренными суглинками и (особенно) карбонатными породами (либо при их очень близком залегании).

4. Выходы карбонатных пород в виде раздробленных щебнистых отложений более благоприятны для вселения *H. sosnowskyi*, чем карбонатные породы в виде плитняка, бетонные и гранитные набережные, на которых растение занимает лишь трещины, заполненные мелкозёмом. Однако сочетание моренных суглинков, и даже неблагоприятных для борщевика Сосновского песков, подстилаемых карбонатными породами, в том числе плитняком, значительно повышает вероятность вселения сорняка. В целом данные показывают, что шанс произрастания *H. sosnowskyi* на рыхлых и щебнистых грунтах (75%) в 2.85 раза выше, чем на плотных породах (26%) ($p=0.0004$). Таким образом, любые плотные, каменистые и щебнистые грунты становятся более привлекательными для *H. sosnowskyi*, если будут содержать полости и трещины, в которые может попасть мелкозём, либо будут перекрываться небольшим слоем более рыхлых пород.

5. Неблагоприятны для *H. sosnowskyi* низкие берега с пляжами, обширными сырыми низкими и средними поймами, поросшими злаково-осоковыми сообществами, либо ивовым кустарником, подтапливаемым большую часть вегетационного периода. Напротив, с большей вероятностью будут заселяться этим растением ($P<0.01$) бечевники, высокие поймы и склоны коренных берегов, на которых речные воды почти не застаиваются. Высокая вероятность инвазии борщевика Сосновского на бечевниках усиливается тем фактором, что этот структурный элемент ландшафта долины реки чаще всего формируется на выходах карбонатных пород и сложен щебнистым материалом. В 86% случаев *H. sosnowskyi* был обнаружен на бечевнике, коренном берегу и высокой пойме ($P<0.01$). Из вышесказанного следует, что растение способно переносить лишь непродолжительное подтопление.

6. Характер меандрирования больших и средних рек никак не влияет на успех вселения *H. sosnowskyi* в их долины ($p>0.25$).

7. В отличие от абразионных берегов, аккумулятивные берега неблагоприятны для инвазии *H. sosnowskyi* ($p=0.02$). Выраженная приуроченность к берегам абразионного типа

(59%) свидетельствует о том, что на аккумулятивных берегах (21%), часто сложенных мало подходящими для растения песчаными отложениями и характеризующихся плотным растительным покровом, отсутствуют лишённые растительности участки почвы, в отличие от абразионных берегов. Однако очевидно, что не все обнажающиеся участки грунта в долинах рек подходят для вселения *H. sosnowskyi*, так как высока роль комплекса других взаимодействующих факторов – литологического состава горных пород, периодичности и длительности затопления этого участка во время паводков и половодья, наличие преград и др.

8. Анализ возможности произрастания *H. sosnowskyi* в растительных сообществах показал, что 83% случаев произрастания приходится на коренной берег, бечевник и высокую пойму. Данные свидетельствуют о том, что растение проявляет пластичность и может осваивать как древесно-кустарниковые сообщества коренных берегов, так и луга на бечевниках.

9. Анализ пространственного распределения и характера плотности произрастания *H. sosnowskyi* в долинах рек показал, что частота встречаемости компактных групп (39%) существенно выше по сравнению с обширными зарослями (9%). Единичные растения и полосы составляют примерно 27% и 24%, соответственно, и статистически не отличаются от компактных групп. Таким образом, в настоящее время компактные группы являются преимущественным способом существования борщевика Сосновского на берегах больших и средних рек. Суммарная протяжённость группировок каждого из трёх типов произрастания (единичных, компактных групп, полос) существенно превышает длину обширных зарослей на уровне значимости $\alpha = 0.05$. Следовательно, растение находится на начальном этапе вторжения в экосистемы больших и средних рек.

Благодарности

Разработка геобазы данных для создания геопортала исторических водных путей проведена при поддержке РГНФ (Проект № 15-03-00749а). Статистический анализ данных и

обобщение результатов по распространению борщевика Сосновского в поймах средних и больших рек осуществлены при поддержке проекта РНФ (№ 16-14-10323).

Литература

- Базар Наталья. Борщевик вторгается в Столинщину. 24 июня 2011 г. (Электронный документ) // (<http://media-polesye.by/news/borshchevik-vtorgaetsya-na-stolinshchinu-19627>). Проверено 15.09.2016.
- Богданов В.Л., Николаев Р.В., Шмелёва И.В. Инвазия экологически опасного растения борщевика Сосновского (*Heraclium sosnowskyi* Manden.) на территории Европейской части России // Региональная экология. 2011. № 1–2 (31). С. 43–52.
- Ведомственная целевая программа «Предотвращение распространения сорного растения борщевик Сосновского на территории Псковской области на 2015–2017 годы». Псков, 2014. 13 с. (Электронный документ) // (https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0ahUKEwiZ0Of49erSAhUFSJoKHfGIBvEQFggvMAc&url=http%3A%2F%2Fcx.pskov.ru%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fvcp_po_borshcheviku_150623.doc&usq=AFOjCNF0zIssAXni1Wc5TqsWXH8fM0wqwQ&bvm=bv.150120842.d.bGs&cad=rjl). Проверено 22.03.2017.
- Виноградова Ю.К., Куклина А.Г. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М.: ГЕОС, 2012. 186 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
- Иванова Н.И., Кулибаба Н.Н. Борщевик Сосновского. Псков: Лениздат. Псковское отделение, 1975. 11 с.
- Кондратьев М.Н., Бударин С.Н., Ларикова Ю.С. Физиолого-экологические механизмы инвазионного проникновения борщевика Сосновского (*Heraclium sosnowskyi* Manden) в неиспользуемые агроэкосистемы // Известия ТСХА. 2015. Вып. 2. С. 36–49.
- Кондрашкина М.И., Самсонова В.П. Борщевик Сосновского (*Heraclium sosnowskyi* Manden.) на территории учебно-опытного почвенно-экологического центра Чашниково (Московская область) // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 2. С. 49–53.
- Кормопроизводство в хозяйствах Ленинградской области. Л., 1988. 97 с.
- Кудрявцева Е.Н. Экологический мониторинг и фитосанитарное оздоровление засорённых гигантским борщевиком природных и антропогенно изменённых ландшафтов Центрального и Северо-Западного регионов России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2013. 27 с.
- Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12–18.
- Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в России: современный статус и актуальность его скорейшего по-
давления // Вестник защиты растений. 2013. № 1. С. 29–43.
- Манденова И.П. Кавказские виды рода *Heraclium*. Тбилиси: Изд-во АН Грузинской ССР, 1950. 104 с.
- Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Мысль, 1977. 293 с.
- Низовцев В.А., Постников А.В., Снытко В.А., Фролова Н.Л., Чеснов В.М., Широков Р.С., Широкова В.А. Исторические водные пути Севера России (XVII–XX вв.) и их роль в изменении экологической обстановки. М.: Тип. «Парадиз», 2009. 298 с.
- Низовцев В.А., Эрман Н.М., Гравес И.В., Гравес К.К., Логунова И.В. Периодизация процесса становления селитебных ландшафтов Центральной России // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: Материалы VI Международной научной конференции. Белгород, 2015. С. 70–75.
- Основные показатели развития кормопроизводства РСФСР. М., 1979. 134 с.
- Панасенко Н.Н., Харин А.В., Ивенкова И.М., Зайцев С.А. Некоторые сведения о биологии борщевика Сосновского в Брянской области // Вестник Брянского государственного университета. 2013. № 4. С. 139–142.
- Петросян В.Г. Интегрированная система управления базами данных и статистического анализа биологических данных – Biosystemoffice. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, Номер свидетельства – 2014663194, Дата регистрации – 18 декабря 2014 г. // (http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2014663194&TypeFile=html). Проверено 05.06.2017.
- Петросян В.Г., Бессонов С.А., Дергунова Н.Н., Омельченко А.В. Анализ применения критериев согласия для анализа биологических данных с помощью пакета Biosystemoffice // Математическое моделирование в экологии: Материалы Четвертой Национальной научной конференции с международным участием, 18–22 мая 2015 г. Пущино, ИФХиБПП РАН, 2015. С. 148–151.
- Посевные площади сельскохозяйственных культур по районам в Белорусской ССР. Минск, 1973. Вып. 1. 304 с.; Вып. 2, 315 с.
- Постановление № 205. Об утверждении ведомственной целевой программы «Борьба с борщевиком Сосновского на территории Войковицкого сельского поселения на 2016 год» / Администрация Войковицкого сельского поселения Гатчинского муниципального района Ленинградской области, 2015. 8 с. (Электронный документ) // (<http://gtm-pravda.ru/wp-content/uploads/2016/03/post38.pdf>). Проверено: 22.03.2017.
- Снытко В.А., Широкова В.А., Озерова Н.А., Низовцев В.А., Эрман Н.М. Эколого-гидрологическая обстановка верхнего Днепра на участке от Смоленска до Могилёва (по материалам экспедиционных исследований – 2012) // Магілёўскі мерыдыян. 2016. Т. 16. № 1–2 (33–34). С. 84–89.
- Тихвинская водная система. СПб.: РПГУ им. А.И. Герцена, 2012. 207 с.

- Чубарова Г. Борщевик Сосновского в Нечернозёмной зоне // Земледелие. 1976. № 10. С. 38–39.
- Широкова В.А., Низовцев В.А., Дмитрук Н.Г., Озерова Н.А., Снытко В.А., Собисевич А.В., Фролова Н.Л., Широков Р.С., Чеснов В.М., Эрман Н.М. Ландшафтно-исторические исследования на Двинско-Днепровском участке великого торгового пути «Из варяг в греки» // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: Мат. III Всерос. науч.-технич. конф. Грозный, 2014. С. 358–362.
- Широкова В.А., Озерова Н.А., Снытко В.А., Низовцев В.А., Эрман Н.М., Романова О.С., Широков Р.С. Ландшафтно-гидрологические исследования Верхневолжского отрезка водного пути «Из варяг в греки» // География: развитие науки и образования. Колл. моногр. по мат. Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 70-летию создания ЮНЕСКО. СПб., 2015а. С. 372–375.
- Широкова В.А., Снытко В.А., Низовцев В.А., Озерова Н.А., Романова О.С., Эрман Н.М., Собисевич А.В. Ландшафтно-экологическая ситуация долины реки Березины, правого притока Днепра // Ландшафтно-экологическое состояние регионов России: Мат. Всерос. науч.-практич. конф. М., 2015б. С. 264–268.
- Широкова В.А., Снытко В.А., Низовцев В.А., Фролова Н.Л., Дмитрук Н.Г., Чеснов В.М., Озерова Н.А., Широков Р.С. Тихвинская водная система: ретроспектива и современность. Гидролого-экологическая обстановка и ландшафтные изменения в районе водного пути. М.: ООО «Акколит», 2013. 376 с.
- Широкова В.А., Снытко В.А., Низовцев В.А., Чеснов В.М., Фролова Н.Л., Низовцев В.А., Дмитрук Н.Г., Широков Р.С. Вышневолоцкая водная система: ретроспектива и современность. Гидролого-экологическая обстановка и ландшафтные изменения в районе водного пути. Экспедиционные исследования: состояния, итоги, перспективы. М.: ООО ИПП Куна, 2011. 316 с.
- Jahodová S., Trybush T., Pyšek P., Wade M., Karp A. Invasive species of *Heracleum* in Europe: an insight into genetic relationships and invasion history // Diversity and Distributions. 2007. 13. P. 99–114.
- Kabuce N., Priede N. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Heracleum sosnowskyi* – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 01/01/2010. 2010. P. 14 // (<https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/h/heracleum-sosnowskyi/heracleum-sosnowskyi.pdf>).
- 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.
- Oboļeviča D. Latvānis un tā izplatība Latvijā [Hogweed and its distribution in Latvia]. 2001. // (<http://biodiv.lvgma.gov.lv/cooperation/lauksaimn/fol514598>). Проверено 07.06.2017.
- Zar J.H. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 944 p.

THE SPATIAL DISTRIBUTION OF SOSNOWSKI'S HOGWEED (*HERACLEUM SOSNOWSKYI*) IN THE VALLEYS OF BIG AND MEDIUM RIVERS OF THE EAST-EUROPEAN PLAIN (ON MATERIALS OF FIELD STUDIES 2008–2016)

© 2017 Ozerova N.A.^{a, b}*, Shirokova V.A.^{a, b}, Krivosheina M.G.^c,
Petrosyan V.G.^c

^a S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology RAS,
109012, Moscow;

^b State University of Land Use Planning,
Moscow, 105064

^c A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
119071, Moscow

e-mail: * ozerovalnad@yandex.ru

The results of analysis on Sosnovsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) invasion using long-term monitoring data in the valleys of 14 large and medium rivers of the East European Plain, held in 2008–2016 by the Complex expedition for the study of historical waterways, were presented. The schematic map of the distribution of *H. sosnowskyi* in the valleys of big and medium rivers with georegistration and landscape description of each point of detection was created. General characteristics of spatial distribution were formulated, the vectors of invasion (anthropochoria, hydrochoria) were identified and the most important factors determining the penetration of *H. sosnowskyi* into river valleys were identified. The data of *H. sosnowskyi* confinement to certain structural elements of the landscape of river valleys with definite geomorphological and soil characteristics were presented. It was shown that phytocenotic association of invasive species in natural and anthropogenic communities was associated with towpaths and basic banks in valleys of large and medium rivers. It was established that the banks of rivers formed by rocks with a high content of solid detrital material were most favorable for *H. sosnowskyi* invasion, and raw floodplains and abrasion sandy banks were unfavorable. The results obtained expand significantly the understanding of the invasive habitat and the confinement of plants to the floodplain sites and can be used in forecasting, preventing the spread of *H. sosnowskyi* and for development the measures to control the hogweed.

Key words: *Heracleum sosnowskyi*, the patterns of distribution, medium rivers, big rivers, the East-European plain, invasion.