

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
«Открытия 2030»

**ЛУГОВОЙ КОМПЛЕКС ПОЧВОБИТАЮЩИХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ
(COLEOPTERA: CARABIDAE, STAPHYLINIDAE) И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ
В УСЛОВИЯХ ИНВАЗИИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО**

Автор:

ЛЕНЬКОВА Елена Алексеевна,
11 класс МБОУ «Гимназия №15» г. Костромы,
обучающаяся ГБУ ДО Костромской области
ЭБЦ «Следово» им. Ю.П. Карвацкого.

Научный руководитель:

АНЦИФЕРОВ Анатолий Леонидович,
кандидат биологических наук,
педагог доп. образования ГБУ ДО КО ЭБЦ
«Следово» им. Ю.П. Карвацкого.

КОСТРОМА
2021

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|--|------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 5 |
| 1.1. Методы полевых исследований..... | 5 |
| 1.2. Методы математической обработки данных..... | 6 |
| 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 8 |
| 2.1. Общая структура сообщества почвообитающих жесткокрылых исследуемой территории..... | 8 |
| 2.2. Характер сообщества почвообитающих жесткокрылых на участке луга без инвазии борщевика..... | 10 |
| 2.3. Изменение структуры сообщества почвообитающих жесткокрылых в градиенте степени инвазии борщевика..... | 11 |
| 2.4. Биоценотическая неоднородность лугового сообщества почвообитающих жесткокрылых в процессе инвазии борщевика..... | 15 |
| ВЫВОДЫ..... | 19 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 20 |

ВВЕДЕНИЕ

Распространение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden, 1944) на территории Российской Федерации является одной из самых острых проблем во многих регионах. Экспансия этого инвазивного вида, охватившая в настоящее время Центральный и Северо-Западный регионы РФ, а также не прекращающееся его распространение обусловили активное изучение биологии и экологии этого вида с целью поиска методов и средств борьбы с ним. В итоге к настоящему времени достаточно хорошо изучен характер влияния инвазии этого вида на растительные сообщества (Флеенко, Короткая, 2017). Например, известно, что бесконтрольное распространение борщевика приводит практически к полной деформации естественных фитоценозов (Бочкарев и др., 2011), так как физиологически активные вещества, выделяемые этим растением, действуют как ингибиторы роста произрастающих совместно растений (Чегодаева и др., 2015). Одним из важнейших последствий внедрения в естественные фитоценозы борщевика Сосновского является обеднение видового состава последних (Абрамова, 2011; Гельтман, 2009). В сообществах с участием этого вида способно выживать лишь 15-20 в основном сорно-рудеральных видов травянистых растений. Наиболее уязвимы луговые растения, которые быстро исчезают из фитоценоза. Из структуры пойменных фитоценозов борщевик вытесняет виды кормовых и лекарственных растений (Конечная, Крупкина, 2011). Как следствие происходит выпадение из травостоя корневищных, мочковатокорневых корнеотпрысковых растений с заменой на борщевик со стержнекорневой системой, не способной образовывать плотную дернину и удерживать почвенный слой.

Однако при достаточно хорошей изученности влияния борщевика Сосновского на луговые и полевые фитоценозы, вопрос последствий его инвазии для состояния зоологических сообществ до сих пор остается проблемным. Изучались преимущественно насекомые – фитофаги и

опылители борщевика с целью возможности биологической борьбы и контроля его распространения (Кривошеина, 2009; Устинова и др., 2016). Сведения о влиянии данного растения на состав и структуру луговых насекомых и, в особенности такой экологически значимой группы, как почвообитающие жесткокрылые практически отсутствуют.

В связи с вышеизложенной проблемой **целью** данной работы стало изучение закономерностей изменения луговой фауны почвообитающих жесткокрылых под влиянием инвазии борщевика Сосновского (далее – борщевика).

В ходе достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Произвести отлов и учет почвообитающих жесткокрылых на участках луга с разной степенью инвазии борщевика;
2. Осуществить оценку видового состава, доминантной структуры и численного соотношения почвообитающих жесткокрылых на контрольных участках;
3. Оценить характер и закономерности преобразования сообщества жуков-герпетобионтов по градиенту заселенности луга борщевиком;
4. Произвести сравнительный анализ и кластеризацию контрольных участков по показателям биоценотической общности исследуемых жуков;
5. Оценить характер ординации контрольных участков по данным варьирования видового состава и населения почвообитающих жуков.

В качестве модельных объектов в исследовании использовались наиболее многочисленные и разнообразные по видовому составу систематические группы: семейства жужелиц (Carabidae) и стафилинов (Staphylinidae). Представители данных семейств, являясь в подавляющем большинстве хищниками, играют важнейшую роль в луговых экосистемах и широко используются, как индикаторы экологических нарушений.

1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Методы полевых исследований

Полигон исследований располагался в Костромском районе Костромской области, близ дер. Становщиково, приблизительно в 300-400 м от береговой линии р. Волги, в местечке, известном как урочище «Козловы горы». Сбор фактического материала проводился в период с 7 мая по 12 июля 2020 г. в биотопе прибрежного злаково-разнотравного луга общей площадью около 0,6 га (5700 м), отличающегося своей неоднородностью по степени присутствия растений борщевика (рис. 1).

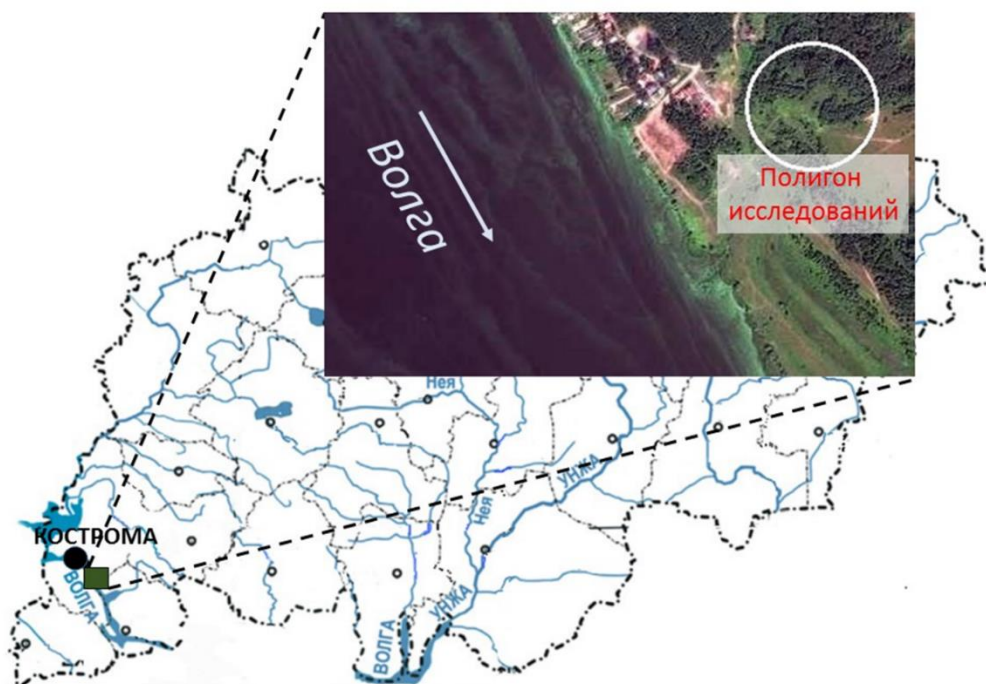


Рис. 1. Географическое местоположение полигона исследований

Для постановки эксперимента выбраны три относительно равных по площади участка, отличающихся по градиенту инвазии борщевика (далее – опытные площадки):

1) участок луга, не подверженный заселению («0») растениями борщевика (контрольный);

2) участок луга, заселенный вегетативными и цветоносными растениями борщевика с сохранением пятен первоначальной луговой растительности (с проективным покрытием $\approx 50\%$) и почвенного лугового войлока («0,5»);

3) участок луга, полностью заселенный («1,0») генеративными растениями борщевика, с вытеснением всех ярусов луговой растительности и деформацией верхнего горизонта почвы.

Отлов насекомых производился с помощью почвенных ловушек (Тихомирова, 1975) с использованием фиксирующей жидкости (крепкий раствор NaCl), которые устанавливались по 10 шт. в каждой опытной площадке. Выемка и учет жуков производились отдельно в каждой паре ловушек, что при сборах позволяло регистрировать по 5 экспериментальных повторностей в каждой опытной площадке, исключая ошибку мнимой повторности (рис. 2). Общая выборка материала производилась с интервалом в 7-10 дней. Общая экспозиция исследований составила 2010 ловушко-суток.

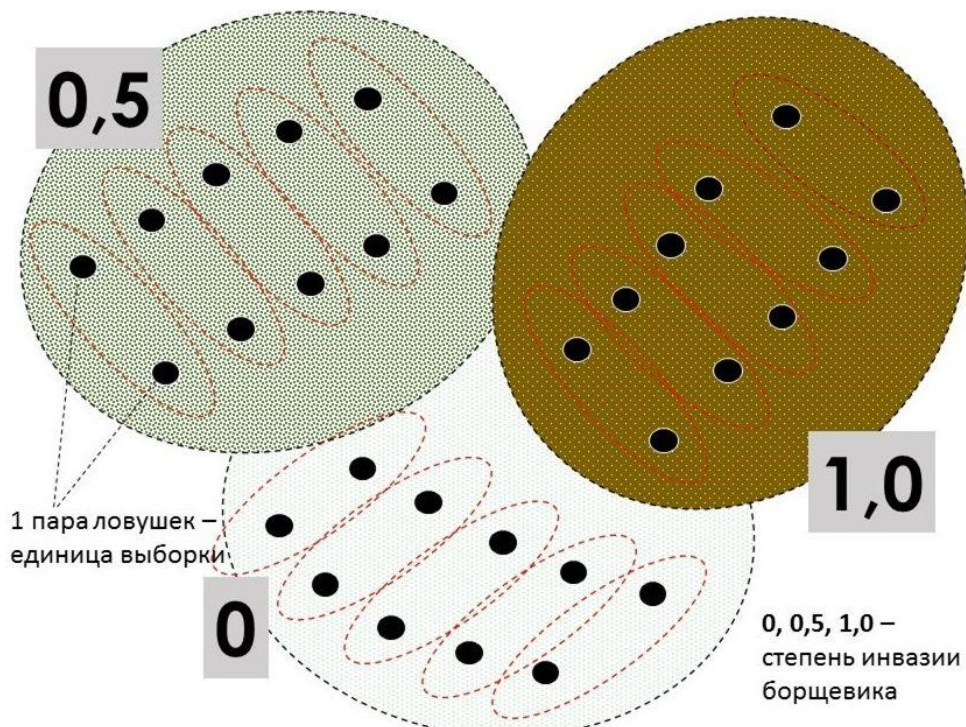


Рис. 2. Схема планирования пробных площадок и выборки материала

1.2. Методы математической обработки данных

Выделение доминантных видов осуществлялось по процентной доле от общего значения уловистости видов согласно критерия О. Ренконена (Renkonen, 1938). В состав доминантов включены виды с удельной долей более 5% от суммарной динамической плотности; виды с долей от 1 до 5% - субдоминанты, менее 1 % - рецеденты (редкие).

В сравнительном анализе группировок герпетобионтных жуков на опытных площадках применялся показатель, рекомендованный Ю. И. Черновым (Чернов, 1975) со ссылкой на Р. Л. Наумова (Наумов, 1964) с последующей кластеризацией:

$$K_n = \sum c_{min} \times 100 / a + b - \sum c_{min},$$

где **c** – меньший (из двух) показатель обилия каждого вида, **a** – суммарное обилие всех видов в одной группировке, **b** – то же, в другой.

Согласно оценки Ю. И. Чернова данная формула более чувствительна и в целом дает цифры, более тонко отражающие степень количественного сходства (Чернов, 1975). Преимуществом данного показателя, в отличие традиционных Жаккара или Серенсена, является то, что в нем учитываются не только различия по составу видов, но и различия между общими видами по обилию. При анализе сопряженных в ландшафте группировок особенно важно учитывать, что при сопоставлении только видовых списков в целом, разные виды могут быть крайне неравноценны в количественном отношении и сходство может оказаться завышенным в силу случайного попадания нетипичных видов (Чернов, 1975).

Для сравнения средних значений уловистости жуков в разных опытных площадках применялся однофакторный дисперсионный анализ (ДА), а также ранговый ДА Фридмана, который существенно более информативен и эффективен для малых выборок (Ивантер, Коросов, 2011). Значимость

различий при выполнении ДА отражается значениями t-критерия и F-критерия, который обобщает t-критерий на число групп больше двух. Эти показатели отражают значимость различий сравниваемых групп, позволяя судить об их неоднородности на уровне $p < 0,05$ (Халафян, 2007; Боровиков, 2013).

Для выявления закономерностей сочетания видов и численности жуков в зависимости от фактора инвазии борщевика применялся метод непрямой ординации (Джонгман и др., 1999) с использованием функции анализа соответствия.

Кластерный и дисперсионный анализы, а также анализ соответствия выполнялись в программном пакете «STATISTICA 10».

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Общий таксономический и доминантный состав сообщества почвообитающих жесткокрылых исследуемой территории

В общей совокупности на территории исследуемого луга отловлено 2082 особи почвообитающих жесткокрылых, относящихся к 79 видам, из которых 54 вида относятся к семейству жужелиц (Carabidae) и 25 видов – к семейству стафилинов (Staphylinidae) – табл. 1. Семейство жужелиц представлено 28 родами, из которых наиболее богаты видами роды *Pterostichus*, *Harpalus* и *Amara* (по 6 видов). Семейство стафилинов включает 16 родов, среди которых род *Tachyporus* представлен наибольшим количеством видов (5 видов). В общем составе зарегистрированных жуков численно доминируют жужелицы *Platynus assimilis* (Paykull, 1790) – 20,7%, *Trechus secalis* (Paykull, 1790) – 11,3%, *Amara aenea* (De Geer, 1774) – 8,6% и стафилин *Tachinus rufipes* (Linnaeus, 1758) – 13,9%.

Таблица 1

Видовой состав, численность (экз.), соотношение (%) и распределение почвообитающих жесткокрылых по участкам исследуемого луга в зависимости от степени инвазии борщевика Сосновского

| Видовой состав | Участки луга по степени инвазии борщевика* | | | Доля, % |
|--|--|--------|--------|---------|
| | 0 | 0,5 | 1,0 | |
| Carabidae | | | | |
| <i>Carabus nemoralis</i> O.Müller, 1764 | 9 | 5±0,6 | 52±3,8 | 3,41 |
| <i>C. granulatus</i> Linnaeus, 1758 | 12±3,5 | 14±2,5 | 42±2,3 | 3,52 |
| <i>C. cancellatus</i> Illiger, 1798 | | | 1 | 0,05 |
| <i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796) | 32±4,8 | 18±1,3 | 38±5,3 | 4,55 |
| <i>P. niger</i> (Schaller, 1783) | 12±1,2 | 15±0,8 | 24±2,5 | 1,40 |
| <i>P. nigrita</i> (Paykull, 1790) | | | 1 | 0,05 |
| <i>P. melanarius</i> (Illiger, 1798) | 13±2,1 | 8±1,5 | 46±4,6 | 3,47 |
| <i>P. strenuus</i> (Panzer, 1796) | 2±0,7 | 2 | 2 | 0,31 |
| <i>P. oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787) | 2 | 1 | 3 | 0,31 |
| <i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758) | 63±8,6 | 6±0,6 | 1 | 3,62 |
| <i>P. versicolor</i> (Sturm, 1824) | 13±2,0 | 1 | 1 | 0,78 |
| <i>P. lepidus</i> (Leske, 1785) | 3±0,7 | | | 0,16 |
| <i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796) | 12±1,4 | 11±1,3 | 13±1,0 | 1,86 |
| <i>Patrobus atrorufus</i> (Strom, 1768) | | 1 | 5 | 0,31 |

| | | | | |
|---|---------|----------|----------|--------------|
| <i>P. assimilis</i> Chaudoir, 1844 | | | 6±1,0 | 0,31 |
| <i>Agonum fuliginosum</i> (Panzer, 1809) | | 3±0,7 | 3±0,7 | 0,31 |
| <i>A. viduum</i> (Panzer, 1796) | | | 1 | 0,05 |
| <i>A. gracile</i> Sturm, 1824 | | | 2 | 0,10 |
| <i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790) | 9±2,6 | 87±10,5 | 306±23,8 | 20,74 |
| <i>Oxypselaphus obscurus</i> (Herbst, 1784) | 3 | 26±2,9 | 46±10,4 | 3,88 |
| <i>Calathus erratus</i> (C.R.Sahlberg, 1827) | 1 | | | 0,05 |
| <i>C. fuscipes</i> (Goeze, 1777) | | | 1 | 0,05 |
| <i>Bembidion doris</i> (Panzer, 1796) | 1 | | | 0,05 |
| <i>B. lampros</i> (Herbst, 1784) | 4 | 2 | | 0,31 |
| <i>B. guttula</i> (Fabricius, 1792) | | 1 | 1 | 0,10 |
| <i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774) | 73±16,6 | 32±2,3 | 46±2,5 | 8,58 |
| <i>A. eurynota</i> (Panzer, 1796) | 9±4,9 | | 3±0,7 | 0,62 |
| <i>A. municipalis</i> (Duftschmid, 1812) | 2 | 6±1,0 | | 0,41 |
| <i>A. familiaris</i> (Duftschmid, 1812) | 1 | | 1 | 0,10 |
| <i>A. communis</i> (Panzer, 1797) | 4±1,4 | | | 0,21 |
| <i>A. lunicollis</i> Schiödte, 1837 | | | 1 | 0,05 |
| <i>Curtonotus aulicus</i> (Panzer, 1796) | 3 | 2 | 1 | 0,31 |
| <i>Harpalus xanthopus</i> Gemminger et Harold, 1868 | 8±0,9 | 1 | | 0,47 |
| <i>H. signaticornis</i> (Duftschmid, 1812) | 1 | | | 0,05 |
| <i>H. laevipes</i> (Zetterstedt, 1828) | 1 | | | 0,05 |
| <i>H. latus</i> (Linnaeus, 1758) | 12±2,8 | 1 | 5±2,1 | 0,93 |
| <i>H. flavescens</i> (Piller et Mitterpacher, 1783) | 2 | | | 0,10 |
| <i>H. rufipes</i> (De Geer, 1774) | 1 | | | 0,05 |
| <i>Ophonus rufibarbis</i> (Fabricius, 1792) | | | 2 | 0,10 |
| <i>Badister unipustulatus</i> Bonelli, 1813 | 10±1,0 | 5±2,1 | 6±1,7 | 1,09 |
| <i>B. bipustulatus</i> (Fabricius, 1792) | | | 1 | 0,05 |
| <i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758) | 5±2,8 | 1 | 8±2,1 | 0,72 |
| <i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus, 1758) | 2 | 2 | 2 | 0,31 |
| <i>Lebia crux-minor</i> (Linnaeus, 1758) | 1 | | | 0,05 |
| <i>Trechus secalis</i> (Paykull, 1790) | 89±17,2 | 91±6,7 | 21±1,8 | 11,33 |
| <i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775) | 1 | 4±0,6 | 1 | 0,31 |
| <i>Elaphrus cupreus</i> Duftschmid, 1812 | 1 | | | 0,05 |
| <i>Acupalpus meridianus</i> (Linnaeus, 1767) | 1 | | | 0,05 |
| <i>Stenolophus sp.</i> | 1 | | | 0,05 |
| <i>Paradromius linearis</i> (Olivier, 1795) | 1 | | | 0,05 |
| <i>Broscus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758) | 1 | | 1 | 0,10 |
| <i>Leistus terminatus</i> (Panzer, 1793) | | 12±2,1 | 12±1,9 | 1,24 |
| <i>Notiophilus laticollis</i> Chaudoir, 1850 | | 1 | | 0,05 |
| <i>Panagaeus cruxmajor</i> (Linnaeus, 1758) | | | 2 | 0,10 |
| Staphylinidae | | | | |
| <i>Tachinus rufipes</i> (Linnaeus, 1758) | 18±3,7 | 102±10,8 | 145±11,2 | 13,9 |
| <i>T. signatus</i> (Gravenhorst, 1802) | | 10±1,9 | 10±2,4 | 1,03 |
| <i>Tachyporus abdominalis</i> (Fabricius, 1782) | 1 | | | 0,05 |
| <i>T. solutus</i> Erichson, 1839 | 1 | | | 0,05 |
| <i>T. nitidulus</i> (Fabricius, 1781) | | 1 | | 0,05 |
| <i>T. chrysomelinus</i> (Linnaeus, 1758) | | | 1 | 0,05 |
| <i>Tachyporus sp.</i> | 1 | | | 0,05 |
| <i>Staphylinus caesareus</i> Cederhjelm, 1798 | 15±3,1 | | | 0,78 |
| <i>Platydracus fulvipes</i> (Scopoli, 1763) | 2 | | | 0,10 |

| | | | | |
|---|---------------|------------|------------|------------|
| <i>Xantolinus tricolor</i> (Fabricius, 1787) | 7±2,1 | | 2 | 0,47 |
| <i>X. distans</i> Mulsant&Rey, 1853 | 1 | | | 0,05 |
| <i>Ocyopus nitens</i> (Schrank, 1781) | 6±0,6 | 5±0,6 | 6±0,6 | 0,88 |
| <i>O. picipennis</i> (Fabricius, 1792) | 1 | | | 0,05 |
| <i>O. fulvipennis</i> Erichson, 1840 | 8±0,8 | | | 0,41 |
| <i>Drusilla canaliculata</i> (Fabricius, 1787) | 34±4,4 | 24±2,5 | 9±1,0 | 3,82 |
| <i>Pella limbata</i> (Paykull, 1789) | 11±1,8 | 1 | | 0,62 |
| <i>Eccoptolonthus rutiliventris</i> (Sharp, 1874) | 1 | | | 0,05 |
| <i>Bisnius nitidulus</i> (Gravenhorst, 1802) | 1 | | | 0,05 |
| <i>Philonthus decorus</i> (Gravenhorst, 1802) | | 3 | 9±1,0 | 0,62 |
| <i>P. splendens</i> (Fabricius, 1792) | 1 | 11±2,9 | 46±7,2 | 3,00 |
| <i>Anotylus rugosus</i> (Fabricius, 1775) | 1 | 2 | 2 | 0,26 |
| <i>A. mendus</i> Herman, 1970 | | 6±2,8 | 3 | 0,47 |
| <i>Aleochara lata</i> Gravenhorst, 1802 | | | 4±0,6 | 0,21 |
| <i>Aleochara sp.</i> | | 1 | | 0,05 |
| <i>Scoraeus sp.</i> | | 6 | | 0,31 |
| Всего: | видов | 56 | 40 | 47 |
| | особей | 530 | 531 | 909 |

*Условные обозначения: 0 – без инвазии; 0,5 – частичная инвазия; 1,0 – полная инвазия; % – удельная доля от суммарной уловистости жуков на всей территории.

Наибольшее видовое богатство жуков-герпетобионтов отмечено на контрольной опытной площадке («0») – 56 видов с удельной численностью 530 особей. В градиенте заселения луга борщевиком количество видов сначала снижается до 40 (при частичной инвазии) без существенного изменения численности, далее (при полной инвазии) возрастает до 47 видов с ростом удельного обилия до 909 особей.

2.2. Характер сообщества почвообитающих жесткокрылых на участке луга без инвазии борщевика

На территории луга, не подвергнувшегося заселению борщевика, зарегистрирован наибольший показатель видового богатства герпетобионтных жуков по сравнению с остальными сравниваемыми участками – 56 видов (39 жужелиц и 17 стафилинов) с доминирующими *T. secalis* (18,1% от суммарной уловистости), *A. aenea* (14,8%), *Pterostichus vernalis* (Panzer, 1796) (6,5%) и *Drusilla canaliculata* (Fabricius, 1787) (6,1%).

Показатель общей численности здесь составил $536 \pm 48,6$ экземпляров. Из всего списка обитающих здесь жесткокрылых, 26 видов жуков (46,4%) встречены только на этой опытной площадке, либо на площадке «0,5», но в единичном количестве экземпляров. Большинство из этих видов по причине низкой численности не стоит рассматривать как преферентных или показательных для данного участка луга. Другие виды жуков, такие как жужелица *Harpalus xanthopus* Gemminger et Harold, 1868, стафилины *Staphylinus caesareus* Cederhjelm, 1798, *Pella limbata* (Paykull, 1789) и *Oscypus fulvipennis* Erichson, 1840, составляющие более 1% от суммарной численности можно отнести к группе характерных для данной территории. Это стенобионтные, очень чувствительные ксерофитные организмы, более чутко реагирующие на изменение экологической обстановки и при первых признаках инвазии борщевика сокращают свое население вплоть до полного исчезновения.

2.3. Изменение структуры сообщества почвообитающих жесткокрылых в градиенте степени инвазии борщевика

На территории опытной площадки «0,5» частичное внедрение борщевика сопровождается постепенным сокращением видового состава луговой растительности, но сохраняющейся мозаично в просветах (окнах) полога инвазивного растения.

На структуре фауны герпетобионтных жесткокрылых указанные преобразования отражаются следующим образом. Как отмечалось ранее (см. п/п. 2.2) заметная доля видов (26), зарегистрированных на территории контрольного участка луга («0»), не обнаруживается на опытной площадке «0,5» с частичным присутствием борщевика. Общее количество видов жуков, при этом снижается с 56 до 40. Значение общего обилия по сравнению с контрольным участком существенно не изменилось ($p > 0,05$) и составило $530 \pm 11,5$ особей (рис. 3). Эта часть луга заселяется новыми видами жуков, преферентных к более тенистым и влажным условиям данного участка. Всего

таких отмечено 11 видов. В их составе наиболее численно значимы жужелица *Leistus terminatus* (Panzer, 1793) ($12 \pm 2,1$ экз.) и стафилин *Tachinus signatus* (Gravenhorst, 1802) ($10 \pm 1,9$ экз.). В доминантной группе жуков данного участка по-прежнему сохраняются *T. secalis* (17,1%) и *A. aenea* (6,0%), место двух прежних занимают *P. assimilis* (16,4%) и *T. rufipes* (19,2%).

Стоит отметить также некоторый ряд редких видов жуков, зарегистрированных исключительно на опытной площадке «0,5»: жужелица *Notiophilus laticollis* Chaudoir, 1850, стафилины *Tachyporus nitidulus* (Fabricius, 1781), *Aleochara sp.* и *Scoraeus sp.* Последний из этого списка отмечен здесь в количестве 6 экземпляров, что дает основание предполагать о его узкой экологической специализации и предпочтительности для его существования именно в таком биотопе.

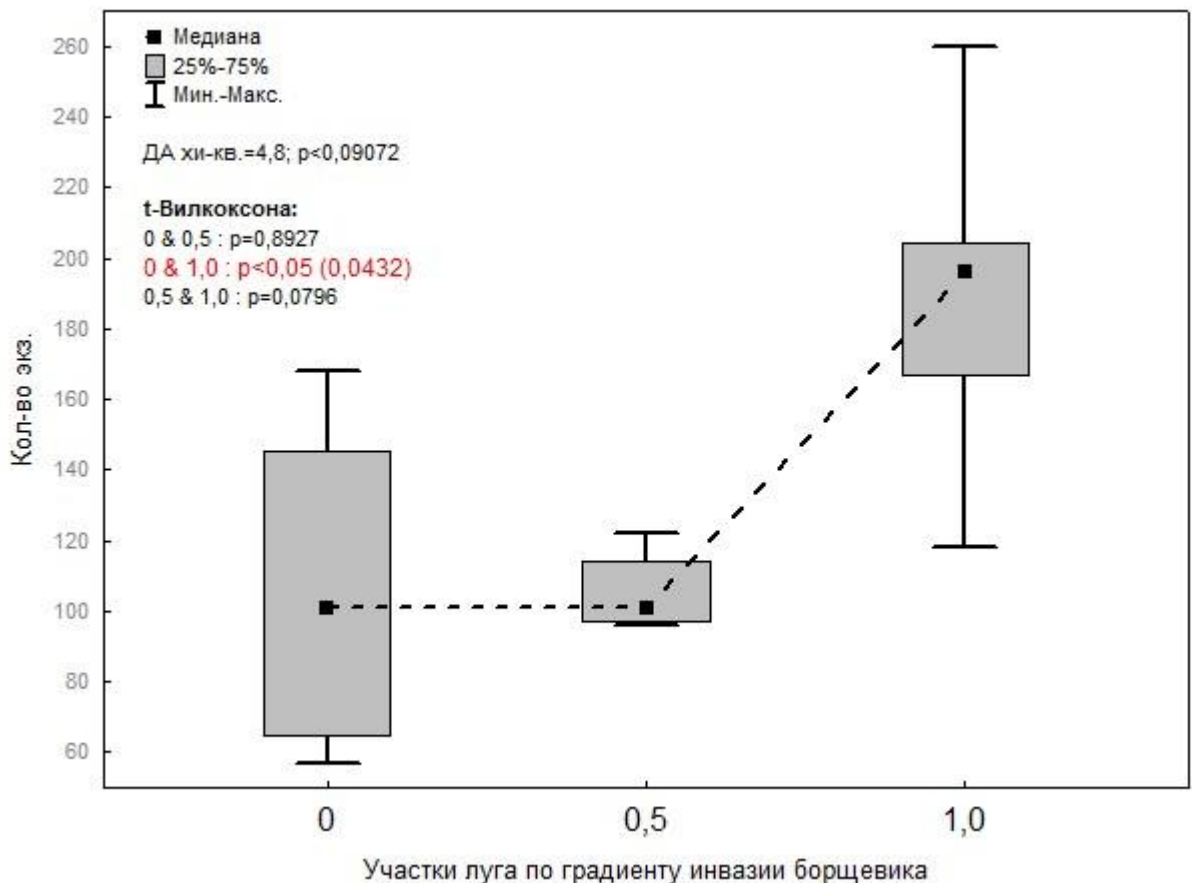


Рис. 3. Дисперсия общего обилия почвообитающих жесткокрылых на участках луга по градиенту степени инвазии борщевика Сосновского (условные обозначения по оси X как в табл. 1)

При полном поглощении естественно-луговой территории борщевиком происходит дальнейшая трансформация лугового сообщества жуков-герпетобионтов с формированием качественно нового фаунистического состава и населения. Количество видов жуков на участке с полной инвазией борщевика увеличивается по сравнению с опытной площадкой «0,5» до 47 видов, но не достигает исходного значения, зафиксированного в контрольном участке (56 видов). При этом отмечается статистически значимый ($p < 0,05$) рост показателя общего обилия жуков по сравнению с контрольным участком, составивший значение $945 \pm 52,1$ экземпляров (рис. 3). Сообщество почвообитающих жуков на опытной площадке «1,0» включает 13 видов, которые не отмечались на других опытных площадках. Среди них наиболее обычны жужелица *Patrobus assimilis* Chaudoir, 1844 ($6 \pm 1,0$ экз.) и стафилин *Aleochara lata* Gravenhorst, 1802 ($4 \pm 0,6$ экз.).

На участке с полным заселением борщевика, при анализе распределения видов по удельному обилию, обращает на себя внимание большое количество видов с высоким значением численности, а также практически полная смена состава доминирующих видов. В составе доминантов здесь выделяются 7 видов: жужелицы *P. assimilis* (33,7%), *Carabus nemoralis* O.Muller, 1764 (5,7%), *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798) (5,1%), *Oxytelus obscurus* (Herbst, 1784) (5,1%), *A. aenea* (5,1%), стафилины *T. rufipes* (16%) и *Philonthus splendens* (Fabricius, 1792) (5,1%). Из них *A. aenea* доминирует как здесь, так и в контрольном участке, и на стадии частичного заселения борщевиком, несмотря на заметное уменьшение численной доли.

По градиенту степени инвазии борщевика в комплексе герпетобионтных жуков отмечается дифференцированная реакция на изменения среды. Первая группа видов даже при частичной инвазии борщевика показывает существенное численное сокращение, и в дальнейшем, при полном поглощении территории этим растением, практически исчезают. Вторая группа видов демонстрирует противоположный эффект, третья часть – толерантные виды, т. е. значимых изменений в обилии не проявляют. Для

иллюстрации примера данного эффекта (рис. 4) выбраны 3 наиболее подходящих представителя – это относительно многочисленные и повсеместные виды, с большим топическим диапазоном (75-100%): *D. canaliculata*, *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 и *Stomis pumicatus* (Panzer, 1796). График однофакторного ДА по данным видам показывает направление и значимость изменений численности при той или иной степени инвазии борщевика. В градиенте степени заселенности луга борщевиком от «нулевой» до полной (1,0) среднее значение уловистости *C. granulatus* статистически значимо ($p < 0,05$) повышается; тот же показатель у *D. canaliculata* столь же существенно ($p < 0,05$) изменяется, но в обратном направлении, т. е. убывает. В отношении *S. pumicatus* можно утверждать о толерантности данного вида к фактору заселения его местообитания растениями борщевика (рис 4).

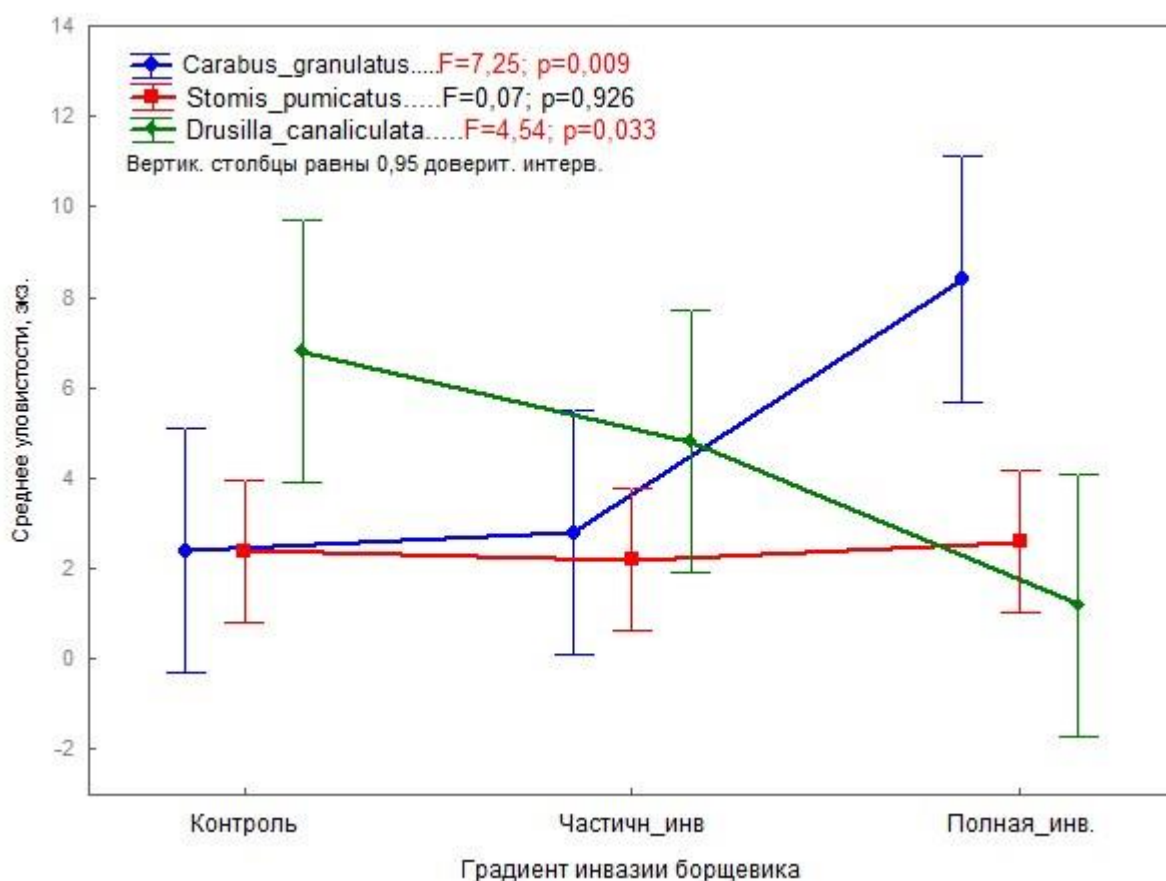


Рис. 4. Дисперсия значений уловистости некоторых видов герпетобионтных жуков в градиенте заселенности луга борщевиком

2.4. Биоценотическая неоднородность лугового сообщества почвообитающих жесткокрылых в процессе инвазии борщевика

Территория естественного лугового сообщества в процессе заселения борщевиком приобретает явный характер неоднородного биотопа не только по растительным показателям, но и по фауне, обитающей на поверхности почвы.

Так при расчете коэффициента общности (различия), предложенного Ю. И. Черновым выясняется, что между фаунами жуков контрольного участка луга и частично занятого борщевиком общность составляет только 37,6%, а в сравнении с данными по опытной площадке с полным заселением борщевика (1,0) уровень биоценотического сходства становится еще меньше и снижается до 19,1% (табл. 2).

Таблица 2

Матрица показателей сходства группировок жуков-герпетобионтов из разных участков луга по степени инвазии борщевика на основе коэффициента общности удельного обилия (K_n)

| K_n | Частично инвазирован (0,5) | Полностью инвазирован (1,0) |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Не инвазирован (0) | 37,6 | 19,1 |
| Частично инв. (0,5) | | 38,5 |

Наибольшее сходство по фауне почвообитающих жуков наблюдается между участками частично и полностью занятыми борщевиком. По данному признаку они выделяются в отдельный кластер, обособленный по отношению к контрольному луговому биотопу (рис. 5).

Таким образом, уже при частичном заселении естественного пойменно-лугового сообщества борщевиком наблюдается не только снижение общего видового богатства почвообитающих жесткокрылых, но и наблюдается существенная перестройка в структуре сообщества, выражающаяся в изменении видового и доминантного состава, а также соотношения по процентной доле. При этом, разнородные по степени инвазии борщевика

участки луга показывают заметное расхождение по признакам распределения видового состава и численного соотношения герпетобионтных жуков.

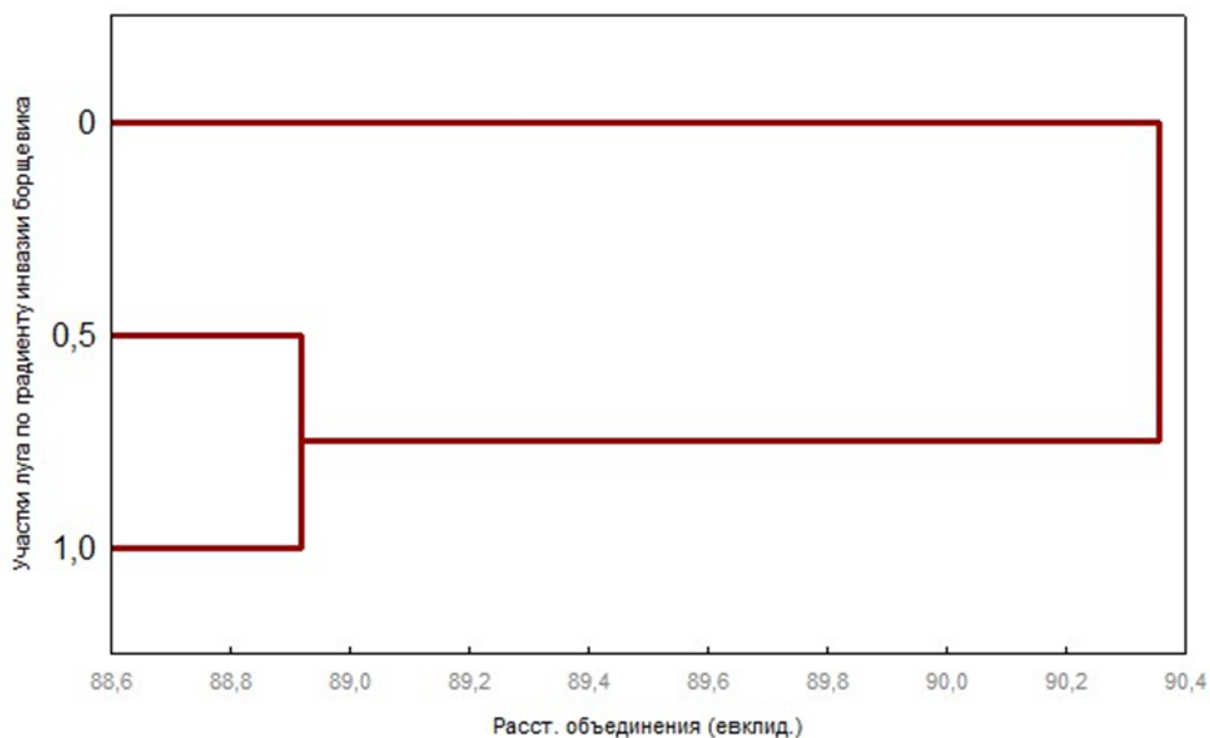


Рис. 5. Дендрограмма кластеризации участков исследуемого луга по значениям коэффициента общности удельного обилия (K_n). Условные обозначения по оси Y, как в табл. 1

Данная закономерность эффективно выявляется при анализе соответствия с построением диаграммы ординации исследуемых площадок (рис. 6). Данная функция позволяет визуально и численно оценить степень отношения тех или иных видов почвообитающих жуков к определенному местообитанию (участку по степени инвазии борщевика) или степень взаимосвязи между исследуемыми биотопами по параметрам исследуемой фауны. Так при рассмотрении координат треугольных значков, соответствующих опытным площадкам по степени инвазии борщевика, наиболее тесная связь видна между участками 0,5 и 1,0, что подтверждает вышеизложенные результаты кластеризации. Угол между данными двумя точками при соединении их отрезками с центром тяжести (точка пересечения осей) наиболее острый, что говорит о наличии положительной корреляции

между этими двумя признаками. Данные точки лежат на диаграмме в центре тяжести тех видов, которые в них встречаются.

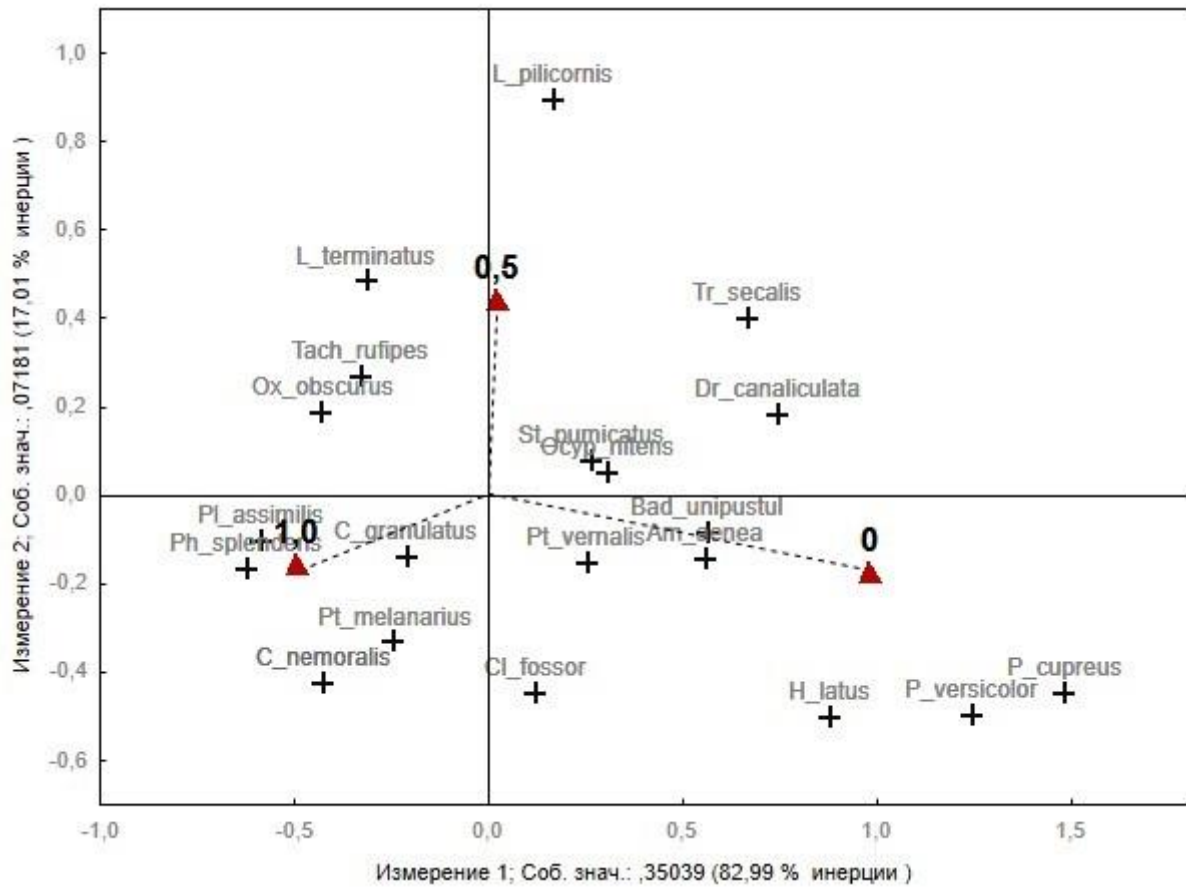


Рис. 6. Ординация участков с разной степенью инвазии борщевика в зависимости от параметров видового состава и обилия почвообитающих жесткокрылых

К таким видам, например, относятся *Pl. assimilis*, *O. obscurus*, *T. rufipes*, и др. Местоположение точки контрольного местообитания («0») на плоскости диаграммы образует самый широкий угол с точкой площадки «1,0» и наиболее удалено от двух других местообитаний, что говорит об отрицательной корреляции с площадкой «1,0». Контрольный биоценоз более близок или коррелирует с участком, частично инвазированным борщевиком по таким видам, как *T. secalis*, *S. pumicatus*, *D. canaliculata*, *O. nitens*.

ВЫВОДЫ

Итогом данного исследования стало выявление закономерностей преобразования фауны и населения почвообитающих жесткокрылых под воздействием инвазии борщевика Сосновского.

1. Наибольший показатель видового богатства жуков (57 видов) зафиксирован на территории, не подверженной заселению борщевика. Показатель обилия жуков под пологом борщевика значимо возрастает.

2. На фоне процесса заселения борщевиком территории естественного лугового биоценоза комплекс жуков-герпетобионтов дифференцируется на группы по их реакции на инвазию: стенобионты, не совместимые с присутствием борщевика; эврибионты, предпочитающие более влажные и тенистые условия луга, частично заселенном борщевиком; виды, преферентные для биотопа, занятого борщевиком.

3. Полное поглощение территории естественного луга борщевиком, приводит к существенной смене видового состава герпетобионтных жуков, их доминантного состава с увеличением количества видов с высокими значениями обилия.

4. Расчет коэфициента общности, а также анализ соответствия показывают высокую степень неоднородности и разобщения участков по степени инвазии борщевика внутри общей исследуемой территории. Участок луга, не подверженный заселению борщевиком, значимо отличается по структуре фауны и населения герпетобионтных жуков от полностью инвазированного участка, и отрицательно коррелирует с ним по данным параметрам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Л.М. Чужеродные виды растений на Южной Урале. Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции // Материалы I Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 6–8 декабря 2011 г. СПб.: ВИЗР, 2011, с. 5–10.
2. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе Statistica. Методология и технология современного анализа данных. М.: Горячая линия – Телеком, 2013. 288 с.
3. Бочкарев Д.В., Никольский А.В., Смолин Н.В. Трансформация пойменно-лугового фитоценоза при внедрении в него адвентивного сорного вида борщевика Сосновского // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. №7 (81). 2011. С. 36-40.
4. Гельтман Д.В. Состав и эколого-фитоценотические особенности сообществ с участием инвазионного вида *Heracleum Sosnowskyi* (Apiaceae) на северо-западе Европейской России // Растительные ресурсы. 2009. № 3. с. 68–75.
5. Джонгман Р.Г.Г., Тер Браак С.Дж.Ф., Ван Тонгерен О.Ф.Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М.: РАСХН, 1999. 306 с.
6. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию. Учебное пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. 302 с.
7. Конечная Г.Ю., Крупкина Л.И. Динамика видового состава сообществ с борщевиком Сосновского в национальном парке «Себежский» // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции. Материалы I Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 6–8 декабря 2011 г. СПб.: ВИЗР, 2011. С. 125–132.
8. Кривошеина М.Г. Насекомые (Insecta), связанные с борщевиком Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в Московской области, и их роль

в биоценозах // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. 2009. Т. 114. Вып. 1. С. 26-29.

9. Наумов Р.Л. Птицы в очагах клещевого энцефалита Красноярского края. Автореф. дисс. канд. биол. наук. М., 1964. 19 с.

10. Тихомирова А.Л. Учет напочвенных беспозвоночных // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 73-85.

11. Устинова Е.Н., Савина К.А., Лысенков С.Н. Новые данные о консортивных связях борщевика Сосновского с антофильными насекомыми // Российский журнал биологических инвазий. 2017. №3. С. 98-112.

12. Флеенко А.С., Короткая С.В. Воздействие инвазивных видов растений на природную среду и человека на примере вида борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) // Молодой ученый. №37 (171). 2017. С. 38-41.

13. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник. М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. 512 с.

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

15. Чернов Ю.И. Основные синэкологические характеристики почвенных беспозвоночных и методы их анализа // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 160-216.

16. Renkonen O. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore // Annales Botanici Societatis Zoologicae-Botanicae Fennicae «Vanamo». 1938. Vol.6. Fasc.1. P.1-231.