

На правах рукописи

**ДОРОФЕЕВ Юрий Владимирович**

**СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ЖУЖЕЛИЦ  
(COLEOPTERA, CARABIDAE)  
УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА  
СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ**

Специальность 03.00.16 – экология

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

Москва 1995

Работа выполнена в Московском педагогическом государственном университете им. В.И. Ленина на кафедре зоологии и экологии.

**Научный руководитель:**

доктор биологических наук,  
профессор ШАРОВА И.Х.

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук,  
профессор СТРИГАНОВА Б.Р.,

кандидат биологических наук  
СОБОЛЕВА-ДОКУЧАЕВА И.И.

Ведущее учреждение – ВНИИ охраны природы и заповедного дела.

Защита состоится ".....".....1996 г. в.....часов на заседании диссертационного совета К 053.01.10 в Московском педагогическом государственном университете им. В.И. Ленина по адресу: 129278, Москва, ул. Кибальчича, 6, корпус 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МПГУ им. В.И. Ленина (119435, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1).

Автореферат разослан «.....»..... 1996 года.

Ученый секретарь диссертационного совета  
ШАТАЛОВА С.П.



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В современных условиях глобального наступления человечества на природные системы все большее внимание энтомологов привлекают антропогенные ландшафты. Актуальность проблемы подтверждают многочисленные исследования реакций насекомых на различные формы антропогенного воздействия, в том числе ряд монографий (Козлов, 1990; Ebeling, 1975; Tischler, 1980; Klausnitzer, 1987). В экологических исследованиях насекомых антропогенных ландшафтов значительная часть работ посвящена изучению Carabidae, как одной из самых многочисленных и существенных групп почвенных беспозвоночных, особенно чутко реагирующих на антропогенные воздействия.

В общем спектре работ по населению жукелиц антропогенных ландшафтов в последние десятилетия начало развиваться самостоятельное направление исследований населения жукелиц урбанизированных ландшафтов в комплексе город - пригородная зона. Первые специальные работы по этой теме появились в 60-е годы (Schweiger, 1962; Tischler, 1966). В дальнейшем эта проблема получила развитие и сегодня исследования жукелиц урбанизированных ландшафтов проводятся практически во всех промышленно развитых государствах (Рекк, 1987; Козырев, 1990; Czechowski, 1980, 1981, 1982; Šustek, 1981; Dajos, 1983; Klausnitzer, 1983, 1988; Diefenbach, Becker, 1992; Wahlbrink, Zucchi, 1994 и др.). Однако, несмотря на существующий интерес исследователей к этой проблеме, многие аспекты экологии жукелиц в условиях города остаются мало изученными. Кроме того, остаются практически не исследованными карабидокомплексы малых городов, имеющие свою специфику.

Другой вопрос, не менее актуальный в наше время, касается изучения влияния рекреации на структуру населения жукелиц лесных ценозов. Очевидно, что в пригородной зоне актуальность рекреации повышается. Отсюда более перспективными представляются комплексные исследования структуры и динамики населения жукелиц урбанизированных ландшафтов в ряду город - пригородные леса.

На фоне многочисленных работ по составу и структуре карабидокомплексов антропоценозов основной акцент исследований постепенно переключается на изучение экологии популяций массовых видов жукелиц, приобретающее решающее значение в биомониторинге состояния окружающей среды.

Недостаточность изученности состава и структуры населения и популяций массовых видов жужелиц урбанизированных ландшафтов в нашей стране послужила основанием для выбора темы исследований.

**Цель и задачи исследований.** Цель настоящей работы - изучение структуры и динамики населения и популяций массовых видов жужелиц урбанизированного ландшафта по градиентам урбанизации (в городе) и рекреации (в пригородных лесах) в условиях северной лесостепи центральной России.

Задачи исследования состояли в следующем.

1. Изучить видовой состав и структуру населения жужелиц малого города и пригородных рекреационных лесов.
2. Изучить динамику численности, пространственно-временную и поло-возрастную структуры популяций и уровень плодовитости самок массовых видов жужелиц пригородных лесов.
3. Изучить влияние рекреации на структуру населения жужелиц пригородных лесов.
4. Изучить основные популяционные параметры массовых видов жужелиц городского ценоза.
5. Исследовать влияние урбанизации на структуру населения жужелиц в мозаике городского ландшафта.
6. Разработать основные принципы и методы качественной и количественной биоиндикации степени антропогенного воздействия (рекреации и урбанизации) на природные системы с использованием основных характеристик населения и популяций массовых видов жужелиц.

**Научная новизна.** Впервые изучены видовой состав и структура населения жужелиц урбанизированного ландшафта в ряду малый город пригородные леса. Проведено комплексное и сравнительное исследование влияния урбанизации и рекреации на население и популяции массовых видов жужелиц в городском и лесных ценозах. Установлено, что рекреация и урбанизация оказывают наибольшее влияние на численность, структуру доминирования, экологическую структуру по биотопическому преферендуму, спектр жизненных форм, пространственную структуру. Разработана комплексная методика качественной и количественной биоиндикации степени антропогенной нарушенности природных ценозов в условиях урбанизации и рекреации на основе использования основных характеристик населения и популяций массовых видов жужелиц.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Впервые проведено обстоятельное эколого-фаунистическое исследование жужелиц урбанизированного ландшафта северной лесостепи, на основании которого выявлены закономерности динамики населения и популяций массовых видов жужелиц по градиентам урбанизации и рекреации.

Предложены принципы комплексной биоиндикации степени антропогенной нарушенности природных ценозов в условиях урбанизации и рекреации на основании использования наиболее индикативных характеристик жужелиц, индексов супердоминирования и соотношения (численности) видов, коэффициента эвритопности и видов-индикаторов. Полученные данные могут быть использованы в биомониторинге состояния лесных и городских ценозов.

**Публикация и апробация результатов.** Материалы диссертации докладывались и обсуждались на 1-м Международном совещании по проблемам энтомологии европейской части России и сопредельных территорий (Самара, 1993), на 1-й Международной 4-й Всероссийской научно-практической конференции по экологии и охране окружающей среды (Рязань, 1994), на 2-й Международной 5-й Всероссийской научно-практической конференции по экологии и охране окружающей среды (Пермь, 1995), на заседании кафедры зоологии и экологии МПГУ им. В. И. Ленина (1995). По теме диссертации опубликовано 5 работ, 1 находится в печати.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на страницах машинописного текста; состоит из введения, 5 глав, выводов и приложения; содержит 47 таблиц и 94 рисунка. Список литературы включает 347 наименований, из них 142 - на иностранных языках.

## **Глава 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

На основании литературных данных дается общая характеристика природных условий района исследований (Шекинский район Тульской области), расположенного на севере лесостепной зоны в Центральном экономическом районе. Приводится описание стационарных площадей городского и лесных биотопов.

Материалом для написания работы послужили собственные поле-

вые сборы с апреля по октябрь 1992-1994 гг. Сбор материала проводился преимущественно методом почвенных ловушек, установленных с учетом градиента урбанизации в городе и пространственных зон в лесных биотопах, а также методом почвенных проб и ручным сбором. За время исследований собрано более 65 тысяч имаго 107 видов жу-желиц, отработано более 55 тысяч ловушко-суток, изучено репродуктивное состояние более 31 тысячи имаго 12-ти доминантных видов жу-желиц.

## **Глава 2. ОБЩАЯ ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАСЕЛЕНИЯ ЖУЖЕЛИЦ УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА ПОДЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ**

За время исследований в северной части города Щекино и пригородных лесах зарегистрировано 107 видов жу-желиц из 43 родов. Видовое разнообразие жу-желиц изменяется от застройки (57 видов) к окраине города (100 видов) и пригородным лесам (77 видов). В различных стадиях модельного района в качестве массовых по численному обилию отмечено 14 видов жу-желиц (табл. 1, доминанты отмечены звездочкой).

Таблица 1.

### ВИДОВОЙ СОСТАВ ЖУЖЕЛИЦ УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА ГОРОДА ЩЕКИНО ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

<i>Cicindela germanica</i> L.	<i>N. biguttatus</i> F.
<i>C. campestris</i> L.	<i>Elaphrus cupreus</i> Duft.
<i>Calosoma auropunctatum</i> Hbst.	<i>Loricera pilicornis</i> F.
<i>Carabus cancellatus</i> Ill. *	<i>Clivina fossor</i> L.
<i>C. granulatus</i> L.	<i>Dyschirius aeneus</i> Dej.
<i>C. nemoralis</i> Muell.	<i>Broscus cephalotes</i> L.
<i>C. coriaceus</i> L.	<i>Asaphidion flavipes</i> L.
<i>Cychrus caraboides</i> L.	<i>Bembidion lampros</i> Hbst.
<i>Leistus terminatus</i> Hell.	<i>B. properans</i> Steph.
<i>L. ferrugineus</i> L.	<i>B. biguttatum</i> F.
<i>Nebria rufescens</i> Strom.	<i>B. articulatum</i> Pz.
<i>Notiophilus aquaticus</i> L.	<i>B. quadrimaculatum</i> L.
<i>N. palustris</i> Duft.	<i>B. dentellum</i> Thunb.
<i>N. hypocrita</i> Curt.	<i>Tachyta nana</i> Gyll.

*Blemus discus* F.  
*Epaphius secalis* Pk. \*  
*Trechus quadristriatus* Schrnk.  
*Patrobus atrorufus* Stroem. \*  
*Stomis pumicatus* Pz.  
*Poecilus punctulatus* Pz.  
*P. lepidus* Leske.  
*P. cupreus* L. \*  
*P. versicolor* Sturm. \*  
*Pterostichus vernalis* Pz.  
*P. minor* Gyll.  
*P. anthracinus* Ill.  
*P. nigrita* F.  
*P. oblongopunctatus* F. \*  
*P. niger* Schall. \*  
*P. melanarius* Ill. \*  
*P. strenuus* Pz.  
*P. aethiops* Pz.  
*Agonum marginatum* L.  
*A. quadripunctatum* Deg.  
*A. sexpunctatum* L.  
*A. gracilipes* Duft.  
*A. muelleri* Hbst.  
*A. duftschmidi* Schmidt.  
*A. fuliginosum* Pz.  
*A. micans* Nic.  
*A. gracile* Gyll.  
*A. assimile* Pk. \*  
*A. dorsale* Pont.  
*A. obscurum* Hbst.  
*Synuchus vivalis* Ill.  
*Calathus halensis* Schall.  
*C. fuscipes* Pz.  
*C. erratus* C.Sahlb.  
*C. melanocephalus* L.  
*Amara plebeja* Gyll.  
*A. familiaris* Duft.  
*A. eurynota* Pz.  
*A. similata* Gyll.  
*A. ovata* F.  
*A. nitida* Sturm.  
*A. aenea* Deg.  
*A. communis* Pz.  
*A. brunnea* Gyll.  
*A. ingenua* Duft.  
*A. fulva* Deg.  
*A. consularis* Duft.  
*A. majuscula* Chaud.  
*A. apricaria* Pk.  
*Curtonotus aulicus* Pz.  
*Anisodactylus binotatus* F.  
*A. signatus* Pz.  
*Acupalpus meridianus* L.  
*Stenolophus mixtus* Hbst.  
*Dicheirotichus rufithorax*  
*Ophonus obscurus* F.  
*O. seladon* Schaub.  
*O. signaticornis* Duft.  
*Pseudoophonus rufipes* Deg.  
*P. griseus* Pz.  
*Harpalus affinis* Schrnk.  
*H. distinguendus* Duft.  
*H. smaragdinus* Duft.  
*H. rubripes* Duft.  
*H. latus* L.  
*H. xanthopus winkleri* Schaub.  
*H. luteicornis* Duft.  
*H. hirtipes* Pz.  
*Chlaenius vestitus* Pk.  
*Ch. nigricornis* F.  
*Licinus depressus* Pk.  
*Badister bipustulatus* F.  
*Lebia chlorocephala* Hoffm.  
*L. cruxminor* L.  
*Dromius fenestratus* F.  
*D. quadrimaculatus* L.

*Philorhizus sigma* Rossi.  
*Microlestes minutulus* Gz.

*Syntomus truncatellus* L.

Карабидофауна урбанизированного ландшафта характеризуется достаточно стабильной структурой доминирования и имеет переходный характер между зоной смешанных лесов и подзоной центральной лесостепи, при этом ближе к первой ( $K_{\Phi} = 0,38-0,42$ ), чем к последней ( $K_{\Phi} = 0,35$ ).

Преобладают виды с широкими ареалами, среди которых наиболее обильно представлена группа транспаLEARктических видов.

В экологическом спектре по биотопическому преферентуму выделено 11 экологических групп. По видовому обилию ведущая роль принадлежит группе лугово-полевых видов (37,86% для всего исследуемого района), которые доминируют как в городе (40,00%), так и в пригородных лесах (30,26%). Второе место по разнообразию занимает группа лесных видов (14,56%), при этом в лесных ценозах доля их участия в населении жужелиц наиболее значительна и составляет 19,74% видового обилия.

По численному обилию доминируют виды лесной группы (35,51% для всего исследуемого района), достигая наибольшей численности в пригородных лесах (47,01%). Только в районе застройки по численности преобладают лугово-полевые виды (46,24%). Значительное место в экологическом спектре жужелиц урбанизированного ландшафта по численности занимают лесо-болотные (26,67%) и эвритопные (25,25%) виды жужелиц.

В спектре жизненных форм господствуют зоофаги, представленные 11 группами и составляющие в целом 69,90% видового и 89,91% численного обилия. В ряду город - пригородные леса численность зоофагов увеличивается, достигая максимума в малонарушенном липняке зеленчуково-пролесниковом (99,28%). Среди зоофагов доминируют подстилочные и подстилично-почвенные стратобионты. Класс миксофитофагов представлен в районе исследований тремя группами, среди которых преобладают геохортобионты гарпалоидные. Наибольшего видового и численного обилия миксофитофаги достигают соответственно на окраине города и в районе застройки.



### Глава 3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ И ПОПУЛЯЦИЙ МАССОВЫХ ВИДОВ ЖУЖЕЛИЦ ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ

В настоящей главе рассмотрены основные закономерности динамики населения и популяций массовых видов жужелиц пригородных лесов по градиенту рекреационной дигрессии (от 1-й до 4-й стадии). При определении степени рекреационной нагрузки на лесные биотопы использована классификация Н. С. Казанской и сотрудников (1977).

Рекреация затрагивает все основные характеристики ассоциаций жужелиц: видовой состав, структуру доминирования, численность, состав экологических групп по биотопическому преферендуму, пространственную структуру, спектр жизненных форм, состав размерных групп.

За время исследований в пригородных лесах модельного района зарегистрировано 77 видов жужелиц из 34 родов. В липняке зеленчуково-пролесниковом (1-я стадия дигрессии) отмечено 44 вида жужелиц, в липняке пролесниковом (2-я стадия) - 48, в дубо-липняке снытево-пролесниковом (3-я стадия) - 59, в березняке осоково-разнотравном (4-я стадия) - 44 вида. Кумулятивная рекреация вызывает возрастание видового разнообразия жужелиц по мере роста нагрузок (до 3-й стадии дигрессии) за счет видов открытых пространств, проникающих в нарушенные леса. Дальнейшее увеличение рекреационных нагрузок, начиная с 4-й стадии, приводит к снижению суммарного количества видов.

В пригородных лесах района исследований в качестве доминантных по численному обилию отмечено 7 видов жужелиц: *Agonum assimile*, *Pterostichus melanarius*, *P. niger*, *P. oblongopunctatus*, *Patrobus atrorufus*, *Eparhius secalis* и *Harpalus latus*. Среди них массовыми во всех типах леса были *A. assimile*, *P. melanarius*, *P. niger* и *E. secalis*. В состав субдоминантов (2-5% обилия) в разные годы и в различных биотопах входили следующие виды: *Carabus granulatus*, *C. coriaceus*, *Pterostichus strenuus*, *P. oblongopunctatus*, *P. aethiops*, *Poecilus versicolor*, *H. latus*.

По градиенту рекреации в различной степени изменяется состав доминантов и субдоминантов, при этом число доминирующих видов не уменьшается, т. е. не происходит перехода от поли- к оли-

гедоминантности.

По видовому и численному обилию в пригородных лесах доминируют виды с широкими ареалами, среди которых преобладают транспалеарктические виды (36,84% видового и 50,84% численного обилия).

Экологическая структура населения жужелиц пригородных лесов характеризуется преобладанием видов лесной группы по численному обилию (47,01%) и лугово-полевых по видовому обилию (30,26%). Видовой приоритет последних отражает рекреационный характер пригородных лесов. Только в контрольном малонарушенном липняке зеленчуково-пролесниковом (1-я стадия дигрессии) по видовому обилию преобладают виды лесной группы (37,14%).

По градиенту рекреации сокращается обилие лесных видов (от 37,14% до 17,50% видового и от 60,11% до 37,34% численного обилия) и соответственно возрастает доля лугово-полевых (17,14 - 32,50% и 0,54 - 5,11%) и эвритопных видов (17,14 - 20,00% и 9,19 - 34,75%). Изменение микроклиматических условий лесных ценозов с увеличением рекреационной нагрузки приводит к сокращению обилия гигрофилов и повышает численность мезофильных видов жужелиц.

В спектре жизненных форм господствуют зоофаги (77,63% видового и 95,49% численного обилия), среди которых преобладают подстилочные (32,89% и 51,83%) и подстильно-почвенные (14,47% и 39,76% соответственно) стратобионты. По градиенту рекреации сокращается обилие зоофагов и соответственно повышается доля миксофитофагов. Среди зоофагов сокращается обилие подстилочных стратобионтов (от 34,29% до 27,50% видового и от 55,35% до 46,34% численного обилия) и крупных эпигеобионтов ходящих (8,57 - 7,50% и 5,81 - 1,34% соответственно), и повышается участие поверхностно-подстилочных (8,57 - 10,00% и 0,36 - 1,32% соответственно) и подстильно-почвенных (от 37,59% до 44,29% численного обилия). Перераспределение обилия доминирующих групп жизненных форм связано, в первую очередь, с уменьшением мощности лесной подстилки в результате повышения антропогенных нагрузок на лесные ценозы.

По видовому и численному обилию в пригородных лесах преобладают соответственно виды мелкого (44,44%) и среднего (33,89%) размеров. По градиенту рекреации сокращается видовое и численное обилие жужелиц очень мелкого, видовое обилие жужелиц мелкого и численное обилие жужелиц крупного размеров; соответственно повы-

шается видовое и численное обилие жувелиц среднего размера.

По градиенту рекреации общий показатель уловистости жувелиц уменьшился от 14,20 до 9,35 экз./10 л.-сут. На общем фоне снижения общей численности карабидокомплексов, реакция отдельных видов жувелиц на рекреационную нагрузку носит специфичный характер. По характеру изменения динамической плотности популяций по градиенту рекреации все виды жувелиц могут быть разделены на три группы: 1) повышающие численность (эвритопные *P. melanarius*, *H. latus* и *Calathus melanocephalus*, лесные *Carabus nemoralis* и *P. oblongopunctatus*, лесо-болотный *Loricera pilicornis*, виды открытых пространств рр. *Poecilus*, *Amara*, *Harpalus*, *Pseudoophonus* и др.), 2) снижающие численность (лесные *C. coriaceus*, *Cychrus caraboides*, *E. secalis*, *P. atrorufus*, *P. niger* и *P. aethiops*, лугово-лесной *C. granulatus*, лесо-болотные *Leistus terminatus*, *Pterostichus strenuus*, *Agonum obscurum* и *A. assimile*), 3) с неопределенной реакцией (большинство редких и малочисленных видов).

Для выяснения особенностей пространственного распределения жувелиц в пригородных лесах нами выделены три основные зоны лесных биотопов: маргинальная, субмаргинальная (промежуточная) и центральная. Наибольшее видовое богатство жувелиц отмечено в маргинальной зоне и отражает так называемый "опушечный, или краевой эффект". Антропогенная нагрузка повышает мозаичность условий обитания в рекреационных лесах и способствует постепенному (стадийному) увеличению видового разнообразия жувелиц от маргинальной к центральной зоне. В маргинальной зоне в среднем отмечены наименьшие показатели общей уловистости жувелиц, что отражает повышенную рекреационную нагрузку в этой части леса. В целом от центральной к маргинальной зоне снижается обилие зоофагов, гигрофильных и мезогигрофильных видов, и соответственно повышается доля миксофитофагов и мезофильных видов жувелиц.

Нами изучена динамика основных популяционных характеристик шести массовых видов жувелиц пригородных лесов: *P. niger*, *P. melanarius*, *P. oblongopunctatus*, *A. assimile*, *P. atrorufus*, *E. secalis*. В качестве основных популяционных параметров рассмотрены: сезонная динамика активности, половая, возрастная и пространственная структуры, число яиц в гонадах самок.

В районе исследований *P. niger*, *P. atrorufus* и *E. secalis* характеризуются летне-осенним типом активности имаго, *P. oblon-*

*gopunctatus* и *A. assimile* - весенне-летним, *P. melanarius* - мультисезонным. Гигрофилы (*P. atrorufus* и *E. secalis*) и мезогигрофилы (*P. niger* и *A. assimile*) проявляют в лесных биотопах отрицательный краевой эффект, мезофилы (*P. melanarius* и *P. oblongopunctatus*) - положительный краевой эффект.

Рекреационная нагрузка в наибольшей степени сказывается на динамической плотности и пространственной структуре, в меньшей степени - на половой структуре популяций и показателе  $\bar{Y}_c$  самок (среднее число зрелых яиц на одну генеративную самку). По градиенту рекреации показатели уловистости гигрофилов и мезогигрофилов (*P. niger*, *A. assimile*, *E. secalis* и в меньшей степени *P. atrorufus*) снижаются, мезофилов (*P. melanarius* и *P. oblongopunctatus*) повышаются.

С увеличением рекреационной нагрузки в лесных ценозах нарушается пространственный градиент микроклиматических условий, что отражается на изменении пространственной структуры популяций доминантных видов жужелиц. Уровень уловистости экологически пластичных мезофилов постепенно выравнивается по лесным зонам, у лесных и лесо-болотных видов происходит, с одной стороны выравнивание показателей уловистости в маргинальной и субмаргинальной зонах, с другой стороны повышается относительная численность в центральной зоне.

Для пар эковариантных видов (*P. niger* - *P. melanarius*, *P. oblongopunctatus* - *A. assimile*) показано снижение потенциально высокой межвидовой конкуренции за счет топического фактора.

#### **Глава 4. ХАРАКТЕРИСТИКА КАРАВИДОКОМПЛЕКСОВ В МОЗАИКЕ ГОРОДСКОГО ЛАНДШАФТА. ВЛИЯНИЕ ГРАДИЕНТА УРБАНИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ НАСЕЛЕНИЯ И ПОПУЛЯЦИЙ МАССОВЫХ ВИДОВ ЖУЖЕЛИЦ**

Для характеристики комплексов жужелиц городского ландшафта исследованы: видовой состав, структура доминирования, экологическая структура по биотопическому преферентуму, спектр жизненных форм, состав размерных групп, временная структура, динамика

численности. Для оценки антропогенного воздействия на структуру населения жужелиц основные характеристики рассмотрены по градиенту урбанизации от городской окраины к центру застройки.

За время исследований в северной части города Шекино, включая городскую окраину, зарегистрировано 100 видов жужелиц из 40 родов. В районе застройки и на окраине города в качестве массовых по численному обилию отмечено 14 видов жужелиц. Эвритопный *P. melanarius* доминировал во всех исследованных станциях.

Видовое разнообразие жужелиц снижается по градиенту урбанизации: на окраине города отмечено 100 видов, в черте города - 57 видов, в центре застройки - 24 вида. Общее сокращение видового разнообразия жужелиц в черте города происходит, главным образом, за счет сокращения доли редких и стенотопных видов.

В основной части застройки на территории жилых кварталов, пришкольных участков, аллей и скверов зафиксировано соответственно 43, 39 и 31 вид. В черте города происходит некоторое увеличение видового разнообразия от центра застройки к периферии, однако мозаичность местообитаний, а также влияние пешеходных зон и строений несколько нарушают эту тенденцию. В этой части города наиболее многочисленны: *P. melanarius*, *P. versicolor*, *A. aenea*, *A. communis*, *A. assimile*, *P. rufipes*, *H. affinis*.

Карабидофауна городской окраины включает 100 видов жужелиц из 40 родов, что соответствует видовому разнообразию жужелиц городского ландшафта в целом. В различных станциях городской окраины на территории садовых участков, лесопарка, стадиона, пустырей и бытовых свалок зафиксировано соответственно 52, 58, 28 и 89 видов. В различных станциях городской периферии доминировали 14 видов жужелиц.

Наибольший показатель фаунистического сходства имеют комплексы жужелиц основной части застройки и лесопарка ( $K_{\Phi} = 0,65$ ), основной части застройки и садовых участков ( $K_{\Phi} = 0,63$ ).

По градиенту урбанизации изменяется структура доминирования: сокращается число доминантов (от 6 до 5 в 1993 г. и от 7 до 4 в 1994 г.), возрастает сумма общего доминирования и степень доминирования. Наибольшие значения индекса Бергера-Паркера отмечены в центре застройки ( $d = 0,36-0,54$ ).

Экологическая структура городского населения жужелиц характеризуется значительным преобладанием по видовому и численному

обилию лугово-полевых видов (38,46% и 40,70% соответственно), которые доминируют как в районе застройки, так и на окраине города (кроме лесопарка). Второе место по численному обилию занимают эвритопные виды (31,67%).

По градиенту урбанизации повышается обилие лугово-полевых и эвритопных видов за счет сокращения доли лесных, лесо-болотных и прибрежных видов, не представленных в центре застройки.

На фоне этого снижается обилие гигрофилов и мезогигрофилов, исчезающих в центре застройки, и соответственно возрастает доля мезофилов до 100% в центре застройки.

В спектре жизненных форм господствуют зоофаги (68,10% видового и 70,73% численного обилия). По градиенту урбанизации доля видов этого класса снижается от окраины города (67,80% видового и 74,10% численного обилия), к центру застройки (56,60% и 45,30% соответственно), и соответственно повышается обилие миксофитофагов, при этом в центре застройки по численному обилию (54,70%) они превосходят зоофагов.

Среди зоофагов преобладают подстилочные (30,70% видового и 22,20% численного обилия) и подстилично-почвенные (17,24% и 44,60% соответственно) стратобионты. По градиенту урбанизации снижается видовое и численное обилие крупных эпигеобионтов ходящих и подстилочных стратобионтов, численное обилие подстилично-почвенных стратобионтов, и повышается видовое обилие последних.

По видовому обилию в целом по городу преобладают виды мелкого размера (44,00%), по численному обилию - виды среднего размера (73,30%). По градиенту урбанизации снижается видовое и численное обилие жужелиц очень мелкого и крупного размеров, видовое обилие жужелиц мелкого размера и численное обилие жужелиц среднего размера, и соответственно повышается численное обилие жужелиц мелкого размера и видовое обилие жужелиц среднего размера.

От окраины к центру города снижается общий показатель уловистости жужелиц. В районе застройки отмечены значительные флуктуации этого параметра в различных зонах, при этом показатель уловистости жужелиц в центральной части был несколько выше, чем в остальной части застройки. Снижение уровня уловистости жужелиц в черте города свидетельствует о неблагоприятности условий для большинства видов в районе застройки, связанное, в первую очередь, с сокращением естественной поверхности и высоким уровнем

антропогенного воздействия.

Динамика населения жужелиц городского ландшафта по градиенту урбанизации в целом соответствует таковой жужелиц пригородных лесов по градиенту рекреации, что отражает универсальный характер реакций карабидокомплексов на антропогенный фактор.

Изучены особенности микростациального распределения, сезонная динамика активности, половая структура популяций и число яиц в гонадах самок 8 массовых видов жужелиц городского ландшафта; для *P. melanarius* также исследована возрастная структура городской популяции.

В целом по городу в популяциях *P. melanarius*, *A. assimile*, *P. versicolor*, *P. cupreus* и *A. aenea* преобладают самки, в популяциях *A. communis* и *H. affinis* - самцы; половая структура городской популяции *P. rufipes* отличается крайней нестабильностью.

Сезонная динамика активности имаго массовых видов жужелиц в районе застройки и на окраине города существенно не различается, за исключением лесопарка, где в большинстве случаев отмечено более позднее начало активности.

Возрастная структура популяции *P. melanarius* в черте города и большинстве станций городской окраины характеризуется менее продолжительными сроками созревания имаго нового поколения по сравнению с лесными биотопами пригородной зоны.

По градиенту урбанизации в популяциях большинства видов повышаются показатели ИСП (за исключением *P. melanarius*) и  $\bar{Y}_c$  самок, и снижаются показатели уловистости имаго.

Эвритопный *P. melanarius*, доминирующий во всех станциях урбанизированного ландшафта в районе исследований, демонстрирует наибольший уровень адаптированности к городской среде обитания.

## **Глава 5. КОМПЛЕКСНАЯ БИОИНДИКАЦИЯ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (УРБАНИЗАЦИИ И РЕКРЕАЦИИ) НА ПРИРОДНЫЕ ЦЕНОЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖУЖЕЛИЦ**

В главе рассматривается комплексный подход к проблеме биоиндикации антропогенных нарушений экосистем в результате урбанизации и рекреации с использованием наиболее индикативных характеристик жужелиц на различных уровнях.

На уровне карабидокомплексов для оценки воздействия рекреации и урбанизации на природные ценозы предлагается использовать следующие характеристики: показатели видового разнообразия, структуру доминирования, экологическую структуру по биотопическому преферендуму, численность (удовистость) и дополнительно - спектр жизненных форм и состав размерных групп.

В качестве дополнительных параметров количественной индикации нами предложены: коэффициент эвритопности, индекс супердоминирования и сумма общего супердоминирования.

Индекс супердоминирования (Sd) предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$Sd = \frac{N_{Sd}}{N_d}, \text{ где } N_{Sd} - \text{ суммарное обилие эмпирически выделенных супердоминантов (обилие более 10\%),}$$

$N_d - \text{ суммарное обилие эмпирически выделенных доминантов.}$

По градиенту урбанизации значение индекса супердоминирования возрастает от 0,64 на окраине города до 1,00 в центре застройки, по градиенту рекреации - от 0,70 (1-я стадия дигрессии) до 0,92 (4-я стадия).

Сумма общего супердоминирования возрастает по градиенту урбанизации от 38,05% на окраине города до 90,80% в центре застройки, по градиенту рекреации - от 59,84% до 70,73%.

Предложенные меры супердоминирования по сравнению с показателями доминирования более точно отражают устойчивость ценозов к стрессовому воздействию антропогенного фактора.

Коэффициент эвритопности ( $K_{\text{э}}$ ) предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$K_{\text{э}} = \frac{N_{\text{э}} \cdot n_{\text{э}}}{N \cdot n}, \text{ где } N_{\text{э}} - \text{ суммарное обилие эвритопных видов}$$

в данном биотопе,

$N - \text{ суммарное обилие всех видов биотопа,}$

$n_{\text{э}} - \text{ число эвритопных видов биотопа,}$

$n - \text{ общее число всех видов биотопа.}$



В качестве эвритопных в районе исследований выделено 7 видов жуелиц: *B. lampros*, *B. quadrimaculatum*, *B. discus*, *P. melanarius*, *C. melanosephalus*, *B. bipustulatus*, *H. latus*.

По градиенту урбанизации значение коэффициента эвритопности возрастает от 0,02 на окраине города до 0,09 в центре застройки, по градиенту рекреации - от 0,02 до 0,05. Сравнение показателей  $K_э$  для карабидокомплексов пригородных лесов и различных городских стадий показывает, что уровень антропогенной нарушенности в лесах на 2-й и 3-й стадии дигрессии в целом соответствует таковому для городской окраины, уровень антропогенной нагрузки в сильнонарушенном березняке почти соответствует уровню нагрузки в районе городской застройки.

В качестве наиболее индикативных популяционных характеристик жуелиц рассматриваются: показатели уловистости и уровень флуктуирующей асимметрии. Для количественной индикации состояния лесных и городских ценозов предлагается использовать индекс соотношения (численности) видов ( $SpI$ ), рассчитываемый по формуле:

$$SpI \ a/b = \frac{Na}{Nb}, \text{ где } Na - \text{ численность (уловистость) вида } a \text{ в данном биотопе,}$$

$$Nb - \text{ численность (уловистость) вида } b \text{ в данном биотопе.}$$

В качестве пары видов жуелиц для индикации степени рекреации и урбанизации предлагается использовать близкородственные виды - эвритопный *P. melanarius* и лесной *P. niger*. Значение  $SpI$  этих видов повышается по градиенту рекреации от 0,44 до 3,82 и по градиенту урбанизации от 5,28 до 8,72.

Дополнительно в индикационных целях предлагается использовать не пары, а группы видов, в частности видов рода *Carabus* для оценки степени рекреационной дигрессии лесных ценозов. По градиенту рекреации индекс соотношения численности видов *C. cognatus* + *C. granulatus* и *C. nemoralis* + *C. cancellatus* сокращается от 5,45 (2-я стадия дигрессии) до 0,12 (4-я стадия).

Получены данные по уровню асимметрии имаго *P. melanarius* и *P. oblongopunctatus* по длине надкрыльев и количеству дискальных пор-ямков на надкрыльях. Показано, что оба фенотипических признака имеют индикационное значение.

Для качественной индикации степени рекреационной дигрессии лесных ценозов предлагается использовать комплекс видов-индикаторов с различной реакцией на антропогенный фактор, в частности *C. coriaceus*, *C. caraboides*, *L. terminatus*, *P. aethiops* (отрицательная реакция) и *C. nemoralis*, *C. cancellatus* (положительная реакция).

Индикационное значение изученных параметров значительно повышается при их совместном использовании.

## В В О Д Ы

1. Впервые для региона северной лесостепи центральной России изучены особенности эколого-фаунистической структуры населения жужелиц урбанизированного ландшафта. Население жужелиц малого города и пригородных лесов в модельном районе Тульской области включает 107 видов из 43 родов. Доминируют по численности 14 видов жужелиц. В зоогеографическом составе преобладают виды с широкими ареалами. В спектре жизненных форм преобладают зоофаги, среди которых доминируют подстилочные и подститочно-почвенные стратобионты. Население жужелиц модельного района сочетает элементы лесной, лесостепной и степной карабидофауны.

2. Население жужелиц пригородных лесов включает 77 видов из 34 родов. По численному обилию преобладают лесные виды, по видовому обилию - лугово-полевые, что отражает рекреационный характер пригородных лесов. Доля лесных видов в биотопическом спектре несколько ниже, чем в зоне смешанных лесов и выше, чем в степной зоне.

3. Выявлены основные закономерности динамики структуры населения жужелиц пригородных лесов по градиенту рекреации. Видовое разнообразие повышается от 1-й до 3-й стадии дигрессии и снижается при увеличении рекреационной нагрузки на 4-й стадии. По градиенту рекреации снижается общий показатель уловистости жужелиц, сокращается обилие стенотопных лесных, гигрофильных и мезогигрофильных видов, зоофагов, среди которых снижается доля подстилочных стратобионтов и крупных эпигеобионтов; соответственно повышается обилие эвритопных и лугово-полевых, мезофильных видов и миксофитофагов. Состав размерных групп характеризуется

сокращением численности видов очень мелкого и крупного размера и соответственно повышением обилия видов среднего размера. Повышение гетерогенности условий обитания в рекреационных лесах приводит к нарушению пространственного распределения жужелиц.

4. Изучены пространственно-временная, половая и возрастная структуры популяций, число яиц в гонадах самок 6 массовых видов жужелиц пригородных лесов. В лесных популяциях изученных видов обнаружены различия в миграционной стратегии полов. Гигрофилы и мезогигрофилы (*P. niger*, *P. atrorufus*, *E. secalis* и *A. assimile*) проявляют в лесных биотопах отрицательный, мезофилы (*P. melanarius* и *P. oblongopunctatus*) - положительный краевой эффект. Рекреация оказывает наибольшее влияние на динамическую плотность и пространственную структуру популяций.

5. Население жужелиц модельного района города Щекино включает 100 видов жужелиц из 40 родов. В районе застройки и различных станциях городской окраины доминируют 14 видов жужелиц. Экологическая структура характеризуется значительным преобладанием видов открытых пространств; существенную роль по численности играют эвритопные виды. В спектре жизненных форм доминируют зоофаги, при этом в центре застройки преобладают миксофитофаги. Состав размерных групп характеризуется преобладанием жужелиц мелко-го размера по видовому и среднего размера по численному обилию.

6. Изучены основные закономерности изменения структуры городского населения жужелиц по градиенту урбанизации. От окраины города к центру застройки снижаются: видовое разнообразие, число доминантов, уловистость, обилие лесных стенотопных, гигрофильных и мезогигрофильных, крупных и редких видов, зоофагов, среди которых сокращается доля подстилочных стратобионтов и крупных эпигеобионтов; соответственно повышается обилие эвритопных и лугово-полевых видов, мезофилов и убиквистов, подстильно-почвенных стратобионтов и миксофитофагов. Изменения структурных параметров населения жужелиц малого города по градиенту урбанизации соответствуют таковым в крупных городах.

7. Динамика городского населения жужелиц по градиенту урбанизации в целом соответствует таковой жужелиц пригородных лесов, что отражает универсальный характер реакций жужелиц на антропогенный фактор.

8. Изучены особенности экологии популяций 8 массовых видов

жуелиц городского ландшафта. У большинства видов по градиенту урбанизации повышаются показатели ИСП (за исключением *P. melanarius*) и  $J_c$  самок, и соответственно снижаются показатели уловистости.

9. Разработаны основные принципы комплексной биоиндикации антропогенной нарушенности ценозов с использованием количественных и качественных характеристик жуелиц. Для количественной индикации степени рекреации и урбанизации предлагается использовать следующие индексы: индекс супердоминирования, индекс соотношения (численности) видов, коэффициент эвритопности.

#### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:**

1. Дорофеев Ю. В. Влияние зональности на видовой состав и экологическую структуру популяций жуелиц в условиях города. // Экология и охрана окружающей среды. Тез. докл. 1 Международной, 4 Всероссийской научно-практич. конфер. Рязань, 1994, с. 81-83.

2. Дорофеев Ю. В. Фауна жуелиц (Coleoptera, Carabidae) Тульской области. // Фауна и экология жуелиц (Coleoptera, Carabidae) урбанизированных ландшафтов Тульской области. Тула, 1995, с. 5-12.

3. Дорофеев Ю. В. Структура населения жуелиц рекреационных лесов окрестностей города Шекино. // Фауна и экология жуелиц (Coleoptera, Carabidae) урбанизированных ландшафтов Тульской области. Тула, 1995, с. 13-29.

4. Дорофеев Ю. В. Использование коэффициента эвритопности в биомониторинге антропогенных ландшафтов на примере жуелиц. // Фауна и экология жуелиц (Coleoptera, Carabidae) урбанизированных ландшафтов Тульской области. Тула, 1995, с. 30-34.

5. Дорофеев Ю. В. Индекс соотношения видов *Pterostichus melanarius* Ill. и *Pterostichus niger* Schall. (Coleoptera, Carabidae) как количественный индикатор степени рекреационной дигрессии лесных экосистем. // Экология и охрана окружающей среды. Тез. докл. Международной научно-практич. конфер. Пермь, 1995.

с. 34 - 35.

