

БИОТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОПУШЕЧНОГО ЭФФЕКТА В ПРЕДГОРЬЯХ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

В статье рассматривается влияние экотонного эффекта на характеристики флоры, растительности и населения жесткокрылых насекомых. Анализ показал, что большинство показателей закономерно изменяются в градиенте, а некоторые показатели – альфа-разнообразии, проективное покрытие – достигают своего максимума именно в экотонной зоне.

Ключевые слова: экотонный эффект, биоиндикация, флора, фауна насекомых, Южное Приуралье.

Экотонный эффект является широко распространенным явлением, проявляющимся на разных уровнях (микро-, мезо-, макроуровне), исходя из уровня контактирующих систем. В Южном Приуралье (Оренбургская область) наиболее распространенными экотонными комплексами являются лесо-луговые (лесостепные). Особенно явно экотонный эффект проявляется в предгорьях Южного Урала, экосистемы которых отличаются высоким видовым разнообразием и относительно низким уровнем антропогенной деградации. Вполне естественно предположить, что проявление опушечного эффекта зависит от характеристик контактирующих экосистем и, видимо, от региональных условий. При этом экотонный эффект должен проявляться не только в отношении растительности, но и в отношении других групп организмов, связанных с растениями трофическими связями [5]. Таким образом, в качестве перспективного объекта для изучения экотонного эффекта, наряду с высшими сосудистыми растениями, могут использоваться и насекомые, которые имеют значительную численность и видовое разнообразие на относительно небольших территориях, относительно малоподвижны (в сравнении с позвоночными животными), связаны с продуцентами более-менее тесными трофическими связями.

Актуальность исследований опушечного эффекта определяется возможностью использовать полученные данные для прогнозирования состояния смежных экосистем и оценки их взаимовлияния, а также для изучения экотонов, как специфических местообитаний, в которых могут сохраняться редкие виды.

Целью наших исследований был анализ изменений характеристик флоры и энтомофауны в экотонном градиенте.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2008-2009 гг. на пологом шлейфе склона юго-западной экспозиции г.Лушная в окрестностях с.Ташла Тюльганского района Оренбургской области.

Для проведения исследований применялась комплексная методика исследований, комбинирующая в себе метод трансект и метод пробных площадей [6]. Использование пробной площади позволяет учесть и нивелировать влияние мозаичности растительного покрова, обусловленной различиями в микро- и мезорельефе, на варьирование характеристик флоры и растительности по мере перехода от луговой к лесной экосистеме. Целью закладки трансект было более точное «оконтуривание» опушки и оценки варьирования ее ширины вдоль границы леса. Обследовалась граница двух биогеоценозов – лесного (березняк разнотравный) и степного (разнотравно-полынно-типчаковое сообщество). Растительность между ними можно обозначить как луговую.

На трансектах и площадках производились замеры освещенности и температурного режима (температура на высоте 1 м над землей, на уровне травянистого яруса, в припочвенном слое); выявлялся флористический состав, описывались прочие характеристики растительности (общее проективное покрытие, высота травостоя, относительное обилие видов, количество наземной фитомассы).

В общей сложности было сделано 75 описаний растительности, укосов, замеров температуры и освещенности. Полученные данные были обработаны статистически [4].

В качестве модельных объектов среди насекомых были выбраны наиболее изученные на территории региона группы насекомых – гер-

тобионтные жесткокрылые и листоеды, как типичные представители хортобионтов, чья фауна на территории региона изучена достаточно полно [1-3].

Сбор насекомых осуществлялся двумя способами: напочвенные виды отлавливались с помощью ловушек Барбера, хортобионты – при помощи кошени по травостою. Ловушки устанавливались линиями по 5 шт. на равном удалении от границы леса. Кошение по травостою проводилось стандартным энтомологическим сачком в пятикратной повторности, каждая серия кошений осуществлялась на расстояниях, соответствующим установленным линиям ловушек.

Результаты и обсуждение

В пределах трансект наблюдается варьирование физических показателей. Освещенность изменяется от 5,0 до 8,5 условных единиц (в среднем $(7,6 \pm 0,99)$). По мере продвижения от глубины леса к опушке постепенно повышается, на открытом пространстве она остается неизменно высокой.

На трансекте температура на высоте 1 метра изменяется от 24,2 до 29,2 градусов (в среднем $(26,5 \pm 0,41)$ градусов). На уровне травостоя от 21,5 до 28,1 градуса (в среднем $(26,0 \pm 0,65)$ градусов). В приземном слое изменение температуры колеблется от 19,0 до 29,8 градусов (в среднем $24,8 \pm 0,84$)).

Максимальная температура отмечалась на высоте 1 метра от земли. На трансекте наблюдается снижение температуры при переходе от степи к лесу. Исключение составляет показатель температуры на площадках расположенных на опушке, здесь находится минимум учтенных температур. Анализ температур в верхней части травяного яруса показывает, что они варьируют слабее, возможно из-за отличие в испарении.

Интересен результата анализа изменение температуры в приземном слое. Логично было бы предположить, что в этом слое из-за отсутствия выдувания температура будут выше, однако листовая мозаика, видимо, предотвращает излишнее нагревание приземного слоя. На большинстве площадок температура приземного слоя воздуха на 1 – 2 градуса ниже, чем верхнем ярусе травостоя. Общая тенденция изменения температуры на трансекте – снижение тем-

пературы из глубины леса к опушке, которая сменяется повышением от границе леса.

Анализ показывает, что в зоне опушечного эффекта и на непосредственно прилегающих к ней территориях произрастает 65 видов высших сосудистых растений, относящихся к 54 родам и 22 семействам. Таксономические пропорции флоры составляют 1: 2.5: 3,0. Наиболее крупные рода – *Veronica*, *Trifolium* (по 3 вида); наиболее многовидовые семейства – *Asteraceae* (13 видов), *Rosaceae* (7 видов), *Roaceae* и *Lamiaceae* – по 6 видов. Спектр ведущих семейств показывает, что описываемая флора достаточно далека от степной и большое количество мезофитных видов позволяет отнести ее к луговой.

Анализ представленности биоморф в составе флоры (рис. 1) показывает преобладание в ней травянистых растений, в особенности многолетников. Это соотношение характерно для лугово-степной растительности.

Анализ представленности экологических групп показывает преобладание во флоре мезоксерофитов (38,5%), а также мезофитов (27,7%). Это отражает в целом удовлетворительные условия увлажнения на границе лесной и степной растительности.

Так как заложенная площадка изначально располагалась на границе двух четко отличающихся биогеоценозов, модно было предположить отличия в видовом составе и структуре растительности в разных частях площади.

Исследования показали, что 22,2% отмеченных видов растений обитают в пределах всей площадки. К ним, в частности, относятся *Leucanthemum vulgare* Lam., *Origanum vulgare*



Рисунок 1. Спектр биоморф изученной флоры

L., *Veronica spicata* L., *V. spuria* L., *Trifolium medium* L. и др. Ряд видов (*Fragaria vesca* L., *Achillea nobilis* L., *Melampyrum arvense* L., *Festuca valesiaca* Gaudin) в той или иной степени доминируют в растительном покрове некоторых частей площадки. Причина относительного обилия этих видов (особенно тысячелистника и марьянника) – значительная антропогенная нагрузка на территорию, выражающаяся в форме выпаса крупного рогатого скота.

При этом вышеотмеченные виды существенно отличаются по тенденциям изменения относительного обилия на трансекте (рис. 2). Обилие некоторых из них снижается, а у других наблюдается тенденция к периодическому варьированию обилия.

Чуть более 10% видов (11,1%) произрастают на всей площадке, кроме полога леса. К числу этих видов-гелиофитов относятся *Amoria montana* (L.) Sojak., *Dianthus campestris* Bieb., *Thymus serpyllum* L. и др. 7,9% видов на площадке встречается спорадически (*Artemisia austriaca* Jacq., *Potentilla impolita* Wahlenb. и др.), и их произрастание, скорее всего, определяется особенностями микро- и мезорельефа.

4,8% видов встречаются только в пределах «степных» пробных площадей, т. е. наиболее удаленных от леса (в частности, *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr.). К числу «лесных» видов, отмеченных только под пологом леса, относятся 11,1% видов. При этом только некоторые из них являются собственно сивлантами (*Galium odoratum* (L.) Scop., *Rubus saxatilis* L. и др.), остальные виды характерны для лугов, но в конкретных условиях площадки их произрастание ограничено границей леса.

Самая крупная группа видов (28,6%) – «луговые». Эти виды обитают в разнотравно-злаковых степях, на остепненных лугах и опушках многих лесов региона. К ним, в частности, относятся *Phleum pratense* L., *Hypericum perforatum* L., *Inula britannica* L., *Vicia cracca* L., *Stachys officinalis* (L.) Trevis. и др.

ВИДЫ

Fragaria vesca

Achillea nobilis

Festuca valesiaca

Thalictrum minus

Origanum vulgare

Serratula lycopifolia

Veronica spicata

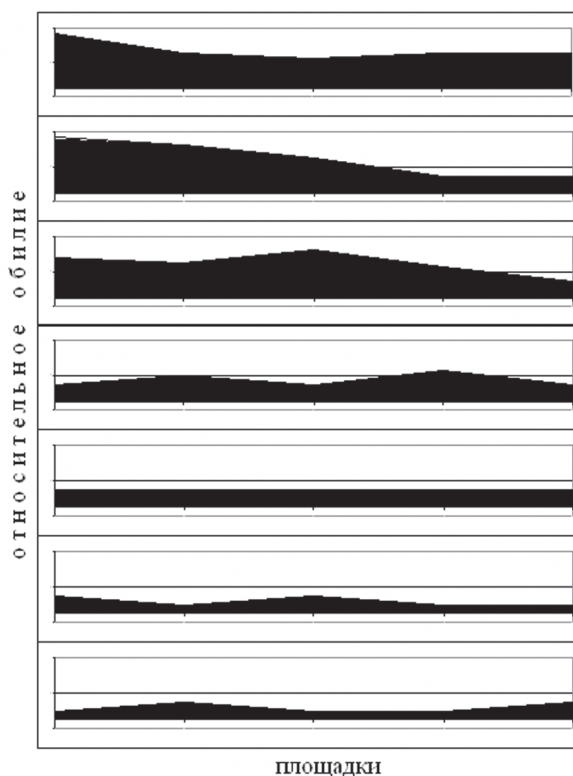


Рисунок 2. Изменение относительного обилия некоторых видов растений на трансекте «степь – лес»

12,7% видов являются случайными, т. к. представлены на площадке единичными экземплярами (*Geranium pratense* L., *Centaurea ruthenica* Lam., *Veronica teucrium* L. и др.).

Альфа-разнообразие на площадках варьирует в достаточно широких пределах – от 10 до 24 видов. При этом максимальное разнообразие (а также и максимальное варьирование этого признака) отмечается в пограничных условиях, т. е. в условиях экотонной зоны (рис.3).

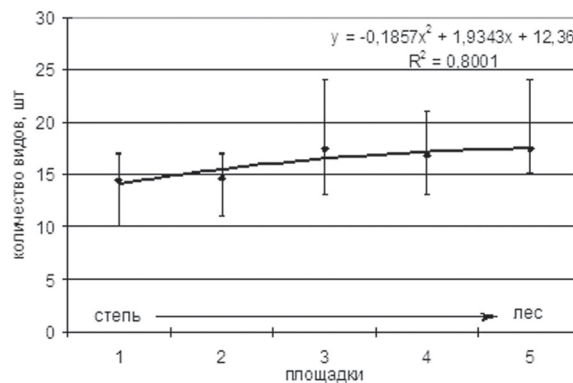


Рисунок 3. Изменение альфа-разнообразия на пробных площадках в пределах трансекты

Возможно, это связано в повышенной мозаичностью растительного покрова в полосе контакта между биогеоценозами. В общем, на трансекте наблюдается устойчивая тенденция к повышению альфа-разнообразия по мере продвижения к лесной экосистеме.

Площадки характеризуются достаточно высоким сходством видового состава (средний показатель коэффициента сходства Сьеренсена-Чекановского – 0,64; варьирует в пределах от 0,51 до 0,79). Преимущество видового состава между последовательными площадками на трансекте относительно высока и составляет, в среднем, 71,4%.

Максимальное бета-разнообразие на трансекте составляет 1 НС (half-change) между 2 площадкой, которая расположена на лугу и ее флора характеризуется присутствием ряда степных видов (в частности, типчака), и 5 площадкой, расположенной в лесу на удалении 20 м от опушки.

Проективное покрытие травостоя на трансекте варьирует в широких пределах, достигая максимума на опушке (рис.4). Сходная тенденция наблюдается и в отношении высоты травостоя.

В результате энтомологических исследований (количественные кошениа на 4 площадках (остепненный луг, экотонная зона, граница леса, под пологом леса)) было учтено 993 экземпляра насекомых-хортобионтов. Жесткокрылые составляют 22% от общей численности. Отмечено закономерное возрастание численности хортобионтов в зоне экотонного эффекта (рис.5).

Для анализа населения жесткокрылых насекомых привлекались данные по герпетобионтным жесткокрылым и населению травостоя. Из хортобионтов были выбраны представители семейства листоедов, как наиболее привязанные к растительности.

Всего собрано 30 видов герпетобионтных жесткокрылых, относящихся к 9 семействам, и 15 видов листоедов.

В спектре жизненных форм жуужелиц представлены всего 5 групп, однако он отражает характерные особенности населения. Анализ жизненных форм жуужелиц показал характерное для степной зоны преобладание миксофитофагов, которые составили 61%.

Анализ экологических групп по биотопическому предпочтению показал незначительную долю лесных видов. Преобладают степные и лугово-полевые виды жесткокрылых. Эвритопные виды составляют 29% от общего количества жуков, что свидетельствует о значительной степени антропогенной нагрузки. Преобладают луговые и лугово-полевые виды, их доля

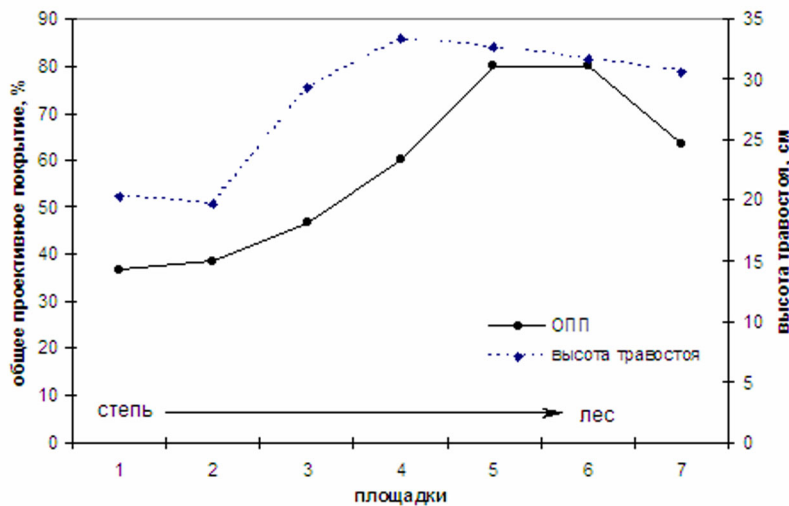


Рисунок 4. Варьирование проективного покрытия и средней высоты травостоя на трансекте

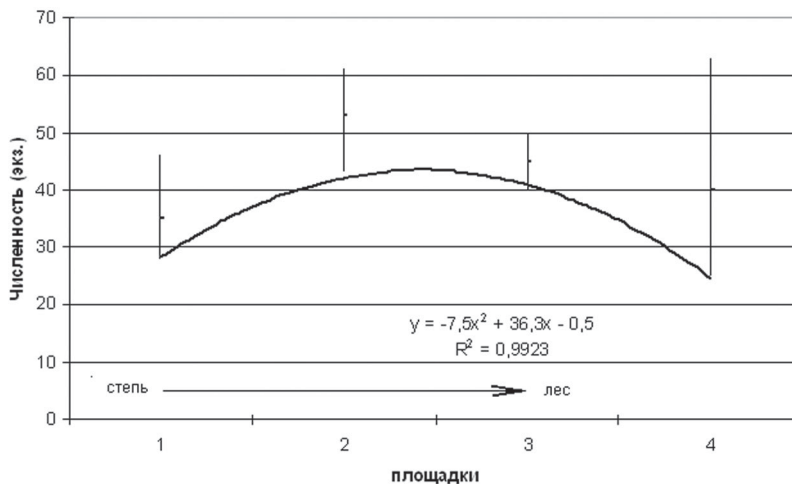


Рисунок 5. Изменение общей численности насекомых в ряду степь-лес

составляет 37%. На диаграмме (рис. 6) отражено изменение экологической структуры населения по мере удаления от леса. Показательно увеличение видового разнообразия в зоне экотонного эффекта за счет луговых видов.

Наибольшее видовое разнообразие отмечено в зоне опушечного эффекта (0 – 10 м от границы леса). По мере удаления от границы леса происходит некоторое увеличение доли степных видов при значительном уменьшении доли луговых.

Видовое разнообразие листоедов по мере удаления от леса меняется незначительно (рис.7). Пик численности приходится на про-

межуток 0 – 5 метров от границы леса. При этом происходит смена видового состава. В переходной зоне присутствуют луговые *Neocrepidodera motschulskii* Konstantinov и *Aphthona czwalinae* Weise, при остепнении появляются *Cryptocephalus connexus* Ol., *Coptocephala unifasciata* Scop., *Labidostomis longimana* L.

В отличие от листоедов, герпетобионтные жесткокрылые увеличивают численность и видовое разнообразие на расстоянии 10 – 15 метров от границы леса (рис.8). Только в лесу и в непосредственной близости от леса отмечены *Opatrum riparium* Gerh. и *Lampyris*

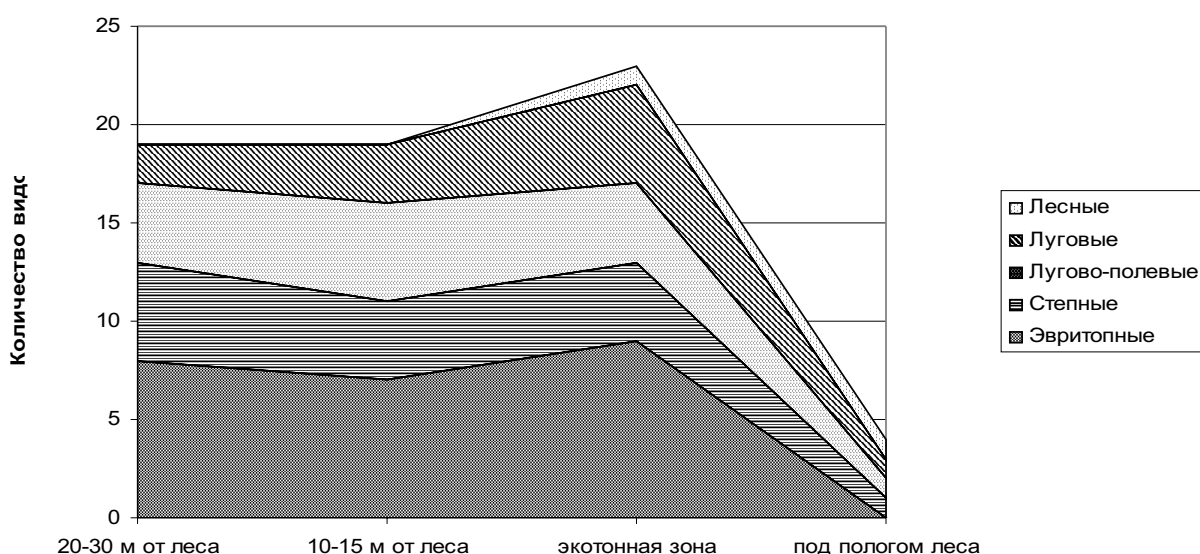


Рисунок 6. Спектр экологических групп жесткокрылых по биотопическому предпочтению

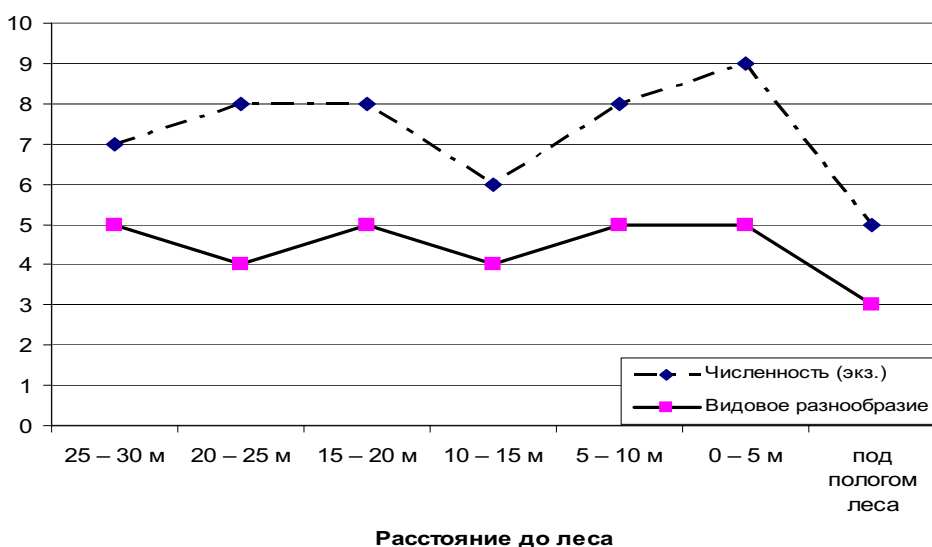


Рисунок 7. Изменение численности и видового разнообразия листоедов

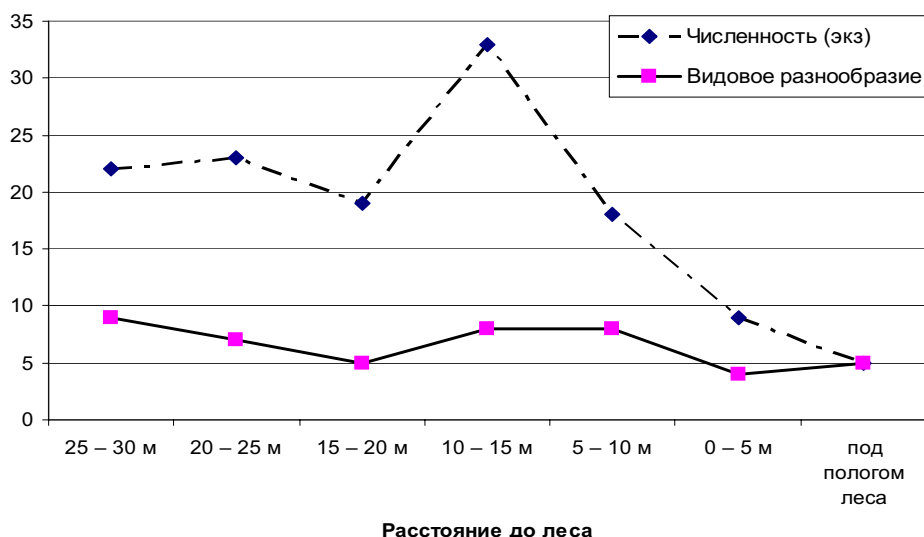


Рисунок 8. Изменение численности и видового разнообразия герпетобионтных жесткокрылых

noctiluca L. На всех линиях ловушек отмечен *Harpalus rufipes* Deg., доминирующий у границы леса. По мере остепнения появляются и выходят в число доминантов *Crypticus quesquilus* L. и *Poecilus lepidus* Leske. На удаленных от леса точках появляются степные *Ophonus puncticollis* Payk. и *Amara eurynota* Panz.

Таким образом, и среди хортобионтов и среди герпетобионтных жесткокрылых наблюдается увеличение численности и видового разнообразия в экотонной зоне, но пик численности хортобионтов приходится на промежуток 0-5 м от границы леса, а пик численности герпетобионтов – 10–15 м.

Выводы

При переходе от одного биогеоценоза к другому экотонный эффект проявляется как при анализе флоры и растительности, так и в отношении показателей энтомофауны. Большинство показателей изменяются вполне согласовано – проективное покрытие, количество видов, высота травостоя и т. п. увеличивается в направлении приближения к лесу. В собственно экотонной зоне наблюдается максимальная дисперсия видового разнообразия. Выделяются группы видов по тенденции распределения на трансекте – виды, обитающие на всей трансекте, виды свойственные тому или иному биоценозу, виды, преимущественно обитающие в опушечной части.

30.01.2013

Список литературы:

1. Григорьев В.Е., Русаков А.В. Географическое распределение листоедов рода *Cryptocephalus* (*Cryptocephalinae*, *Chrysomelidae*) Оренбургской области // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Проблемы экологии Южного Урала. Часть 1. Оренбург, 2007. Спец. вып. 75. С. 87-89.
2. Григорьев В.Е., Русаков А.В. Видовой состав подсемейства *Galerucinae* (*Chrysomelidae*) Оренбургской области // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий. Оренбург, 2008. Вып. 87. С. 17-21.
3. Козырев А.В., Козьминых В.О., Есюнин С.Л. Состав локальных фаун жуужелиц (*Coleoptera*, *Carabidae*) Урала и Приуралья // Вестник Пермского ун-та. Вып. 2. Биология. Пермь: изд-во Пермского ун-та, 2000. С. 165-215.
4. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
5. Русаков А.В., Калиева Г.У., Христина К.А. Влияние Бузулукского бора на структуру населения герпетобионтных жесткокрылых (*Insecta*, *Coleoptera*) прилегающих территорий // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Санкт-Петербург: изд-во СПбГЛТА, 2008. Вып. 182. С. 254-260.
6. Сафонов М.А., Ильин В.С., Булгаков Е.Н. Некоторые результаты изучения экотонного эффекта в Южном Приуралье // Вестник ОГУ. – 2009. – спецвыпуск – октябрь 2009 г., Матер. IV Всеросс. научн.-практ. конф. «Проблемы экологии Южного Урала». Ч.2. – С.351-353.

Сведения об авторах:

Сафонов Максим Анатольевич, профессор кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: safonovmaxim@yandex.ru

Русаков Андрей Владимирович, доцент кафедры зоологии и физиологии человека и животных
Оренбургского государственного педагогического университета, кандидат биологических наук,
e-mail: steppe1@yandex.ru

Чердинцева Татьяна Михайловна, аспирант кафедры зоологии и физиологии человека и животных
Оренбургский государственный педагогический университет, e-mail: cherdintsev.aleksandr@gmail.com
460844, г. Оренбург, ул. Советская, 19

UDC 574.472: 581.524; 595.76

Safonov M.A., Rusakov A.V., Cherdyntseva T.M.

BIOTIC INDICATORS OF ECOTONE EFFECT IN THE FOOTHILLS OF THE SOUTHERN PREURALS

In article the influence of ecotone effect on the characteristics of flora, plant cover and beetles population is considered. The analysis has shown, that the majority of parameters naturally variate in a gradient and some parameters, such as alpha-diversity, plant covering – reach the maximum level in ecotone zone.

Key words: ecotone effect, bioindication, flora, fauna of insects, Southern Preurals

Bibliography:

1. Grigoryev V.Y., Rusakov A.V. The geographical distribution of leaf beetles of the genus *Cryptocephalus* (Cryptocephalinae, Chrysomelidae) of the Orenburg region // Vestnik of the Orenburg State University. Problems of ecology of the Southern Urals. Part 1. Orenburg, 2007. Special issue. 75. P. 87-89.
2. Grigoryev V.Y., Rusakov A.V. The species composition of the subfamily Galerucinae (Chrysomelidae) of the Orenburg region // Vestnik of the Orenburg State University. Biodiversity and bioresources of the Urals and adjacent territories. Orenburg, 2008. Vol. 87. P.17-21.
3. Kozyrev A.V., Koz'minyh V.O., Esyunin S.L. Composition of the local fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Ural and the Preurals // Vestnik of Perm University. Vol. 2. Biology. Perm: publishing house of Perm University, 2000. P.165-215.
4. Pesenko Yu. A. Principles and methods of quantitative analysis of faunal studies. Moscow: Nauka, 1982. 287 p.
5. Rusakov A.V., Kalieva H.W., Christina K.A. The impact of Buzulukskyi Bor on the structure of the population of terrestrial beetles (Insecta, Coleoptera) of the adjacent territories // Izvestia of the St. Petersburg forest technical Academy. St. Petersburg: publishing house of the FTA, 2008. Vol. 182. P. 254-260.
6. Safonov M.A., Iljin V.S., Bulgakov E.A. Some results of study of ecotone effect in the Southern Preurals // Vestnik of Orenburg State University. 2009. special issue – October 2009. Proceedings of IV all-Russian scientific-practical conf. «Problems of ecology of the Southern Urals». Part 2. P.351-353.