

УДК 591.524.21

А.Л. АНЦИФЕРОВ, К.М. КАБОЕВ, Е.О. ЯБЛОКОВ
(Кострома)

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ
ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННОГО ЛЕСА В УСЛОВИЯХ
РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
(на примере базы отдыха «Сосновый посад» в Костромской области)**

Рассмотрен процесс формирования почвенной мезофауны и ее пространственного размещения в лесном насаждении под влиянием рекреационного воздействия. Установлено, что рекреационная нагрузка на хвойно-широколиственный лес в виде функционирования базы отдыха оказывает эффект увеличения видового богатства мезофауны при заметном снижении ее численности.

Ключевые слова: рекреационная территория, почвенная мезофауна, пространственное распределение, видовое богатство, численность, агрегированность.

ANATOLIY ANTSIFEROV, KIRILL KABOEV, EGOR YABLOKOV
(Kostroma)

**SPATIAL DISTRIBUTION OF SOIL MESOFAUNA OF MIXED CONIFEROUS-BROAD-LEAFED
FOREST IN THE CONDITIONS OF RECREATIONAL IMPACT
(by the example of the recreation center “Pine Posad”
in the Kostroma region)**

The article deals with the process of the formation of soil mesofauna and its spatial placement in forest plantations under the influence of recreational impact. There is established that the recreational load on the mixed coniferous-broad-leaved forest in the form of the recreation center has the effect of increasing the species richness of the mesofauna with a noticeable decrease of its number.

Key words: recreational area, soil mesofauna, spatial distribution, species richness, abundance, aggregation.

Среди множества серьезных экологических проблем взаимодействия человека и природы заметное место в настоящее время занимает проблема рекреационных территорий. Рекреация, представляющая собой комплексный, внешний по отношению к лесному биоценозу фактор, вызывает множественные, как правило, отрицательные последствия для целостности и устойчивости сообщества [7].

За изменением почвенных и лесорастительных показателей в рекреационных лесах следует изменение других компонентов биогеоценоза. Прямое или косвенное воздействие рекреационных нагрузок в наибольшей мере испытывают обитатели подстилочного и почвенного ярусов. В результате этих нагрузок изменяется и разрушается среда обитания почвенных животных, что приводит к изменению почвенного состава, численности и характера пространственного распределения их в насаждениях [3].

Таким образом, прогрессирующий рост рекреационной активности людей и последствия, сопутствующие этому процессу, определяют актуальность исследования нарушенных рекреацией экосистем и их фаунистических компонентов.

Целью данной работы явилось изучение закономерностей формирования сообщества почвенной мезофауны и ее пространственного размещения на площади лесного насаждения, подверженного рекреационному воздействию в виде функционирования базы отдыха «Сосновый посад» (Костромская область). В ходе исследований решались задачи по выявлению таксономического состава, обилия и доминантной структуры почвенной мезофауны на территории базы отдыха в сравнении с ненарушенным участком леса; изучению особенностей пространственного размещения беспозвоночных на территории базы отдыха и в сопредельном ненарушенном лесу с использованием фоновых картограмм; опре-

делению уровня агрегированности беспозвоночных на поверхности рекреационного участка по показателям видового богатства, общей и внутривидовой численности.

Сбор материала осуществлялся в летний период 2018 г. на территории летней базы отдыха «Сосновый посад», располагающейся на юго-западной окраине Нерехтского района Костромской области, в месте слияния рек Тега и Нерехта (Ш.: 57.447218°, Д.: 40.468194°).

Территория базы размещается под пологом хвойно-широколиственного леса, в древесном составе которого преобладают сосна обыкновенная, ель европейская, береза, осина, липа, вяз. Важной особенностью исследуемой рекреационной территории является ярко выраженная пространственная неоднородность (мозаичность) поверхностно-почвенных условий, связанных с застройкой, частичным разрушением слоя лесной подстилки и обнажением верхнего почвенного горизонта, деформацией субстрата и изменением микрорельефа поверхности, частичным асфальтированием и прокладкой пешеходных дорожек, наличием спортивных игровых площадок и т. п.

Плотность древесных насаждений и подлеска на территории базы существенно снижена. В древостое преобладает сосна. В подлеске встречается подрост березы, липы, дуба, черемухи. Кустарники представлены лещиной, бузиной, рябиной, жимолостью лесной, малиной. В травостое заметную долю составляют виды, устойчивые к вытаптыванию, а также, составляющие лесные и луговые ассоциации. Слой лесной подстилки чередуется с луговым войлоком.

Учет динамической плотности производился стандартным методом почвенных ловушек [2]. Схема размещения ловушек на площади вырубki больше отвечает методу регулярной сетки отбора проб [5, 6] с шагом 20–30 м.

Неоднородность условий поверхности территории базы оценивалась по следующим параметрам: 1) характер напочвенного покрова (лесная подстилка/луговой войлок); 2) интенсивность вытаптывания (близость пешеходных дорожек, зона спортивно-массовых мероприятий, жилая или досуговая зона); 3) проективное покрытие растительности и флористический состав.

Выделение доминантных видов осуществлялось по процентной доле от общего значения уловистости видов по шкале О. Ренконена. В состав доминантов включены виды, доля которых составила более 5% от суммарной численности; виды с долей от 1 до 5% отнесены к субдоминантам, менее 1% – к рецедентам (редким).

Построение фоновых картограмм с линиями уровней пространственного распределения исследуемых признаков выполнялось с помощью пакета прикладных программ “STATISTICA 10”.

Для установления типа размещения почвенной мезофауны на площади базы отдыха и в сопредельном участке леса применялся коэффициент агрегированности (дисперсии) (Index of dispersion, ID):

$$ID = S^2/\bar{x},$$

где S^2 – дисперсия; \bar{x} – среднее.

При случайном распределении ID равен 1, при агрегированном он выше 1, при равномерном – ниже 1 [5]. Расчет индекса ID производился в программном пакете “PASSaGE 2” [8].

В качестве меры зависимости видового богатства и обилия мезофауны от фактора травяного покрова применялся коэффициент линейной корреляции (r) Спирмена.

В общей сложности на территории базы отдыха «Сосновый посад» и прилегающей территории ненарушенного леса отловлено и учтено 431 экземпляр почвообитающих членистоногих, относящихся к 32 видам, представляющим классы: насекомых (Insecta), паукообразных (Arachnida) и надкласс многоножек (Myriapoda). Подавляющее большинство видов относится к классу насекомых (27 видов), из которых 26 видов составляют отряд жесткокрылых (Coleoptera) и 1 вид – отряд кожистокрылых (Dermaptera). Надкласс многоножки включает три вида: кивсяк серый (*Rossiulus kessleri*), косянка обыкновенная (*Lithobius forficatus*) и геофил (*Geophilus sp.*). Класс Паукообразные представлен двумя семействами: Пауки-сенокосцы (Pholcidae) и Пауки-волки (Lycosidae).

Доминантный состав контрольного участка леса и его изменение под воздействием рекреации на территории базы отдыха представлен в табл.

Таблица

**Доминантный состав и его изменение в условиях
рекреации на территории базы отдыха «Сосновый посад»**

Состав доминантных видов ненарушенного леса	Доля, %	Состав доминантных видов на территории базы отдыха	Доля, %
<i>Philontus splendens</i>	35,8	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	19,5
<i>Rossiulus kessleri</i> (Кивсяк серый)	18,4	<i>Philontus splendens</i>	9,8
<i>Pterostichus strenuus</i>	14,5	<i>Rossiulus kessleri</i> (Кивсяк серый)	5,9
<i>Heotrupes stercorarius</i>	14,5	<i>Heotrupes stercorarius</i>	5,5
<i>Pterostichus niger</i>	13,4		
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	7,3		
<i>Othius sp.</i>	6,7		
Pholcidae (Пауки-сенокосцы)	5,0		

Наибольшее видовое богатство почвенной мезофауны выявлено на территории базы отдыха – 26 видов; на территории прилегающего леса отмечено 22 вида. При этом, обилие членистоногих выше в ненарушенном лесу – 251 экз., в отличие от зоны рекреации, где уловистость составила 180 особей.

Отдельные представители сообщества почвенной мезофауны хвойно-широколиственного леса не одинаково реагируют на рекреационную нагрузку в условиях функционирования базы отдыха. Выявлен ряд видов, на которых данный тип рекреации действует угнетающе и приводит к заметному снижению численности, либо к их полному исчезновению с территории рекреации (см. рис. 1 на с. 21) – это характерные лесные виды. Например, численная доля таких обитателей почвы, как стафилины *Philontus splendens* и *Othius sp.*, жужелицы *Pterostichus strenuus* и *P. niger*, навозник обыкновенный (*Heotrupes stercorarius*) и кивсяк серый (*Rossiulus kessleri*) заметно снижается на территории базы отдыха, а многоножки костянки (*Lithobius forficatus*) и геофилы (*Geophilus sp.*) на данной территории не обнаружены вовсе (см. рис. 1 на с. 21). Для других видов почвенных членистоногих условия данного типа рекреации оказываются, напротив, более благоприятными, чем в контрольном участке леса и их представленность на рекреационной территории существенно возрастает – такие виды можно назвать преферентными (предпочитающими) для рекреационной территории [4]. Это такие виды, как жужелица *Pterostichus oblongopunctatus* и уховертка *Forficula sp.* (см. рис. 1 на с. 21). Жужелицу *Harpalus laevipes*, численность которой на участке рекреации остается без изменений, можно считать толерантным к воздействию рекреации видом.

Кроме того, обнаружена группа видов-вселенцев, обитающих на рекреационной территории базы отдыха, но не характерных для контрольного ненарушенного леса (см. рис. 1 на с. 21). К ним относятся жужелицы *Notiophilus palustris*, *Amara aenea* и *Bembidion lampros*, относящиеся к лугово-полевой экологической группе и предпочитающие более открытые пространства для обитания [6].

Исследования почвенной мезофауны на участке рекреации выявили наличие разнородного характера размещения беспозвоночных по площади. Это проявляется в наличии отчетливых, контрастных «пятен» скопления организмов (агрегаций), характеризующихся повышенной численностью особей, либо высоким значением видового богатства (см. рис. 2 на с. 21). При этом уровень и характер агрегированности (пятнистости) мезофауны в разных случаях различен.

Вычисление индекса агрегированности почвенной мезофауны по признаку общей численности показывает наличие агрегированного типа распределения со значением $ID=3,3$ ($p<0,05$). По признаку многообразия видов беспозвоночные также распределяются пятнисто, но в меньшей степени агрегированности: $ID=1,1$ ($p=0,313$).

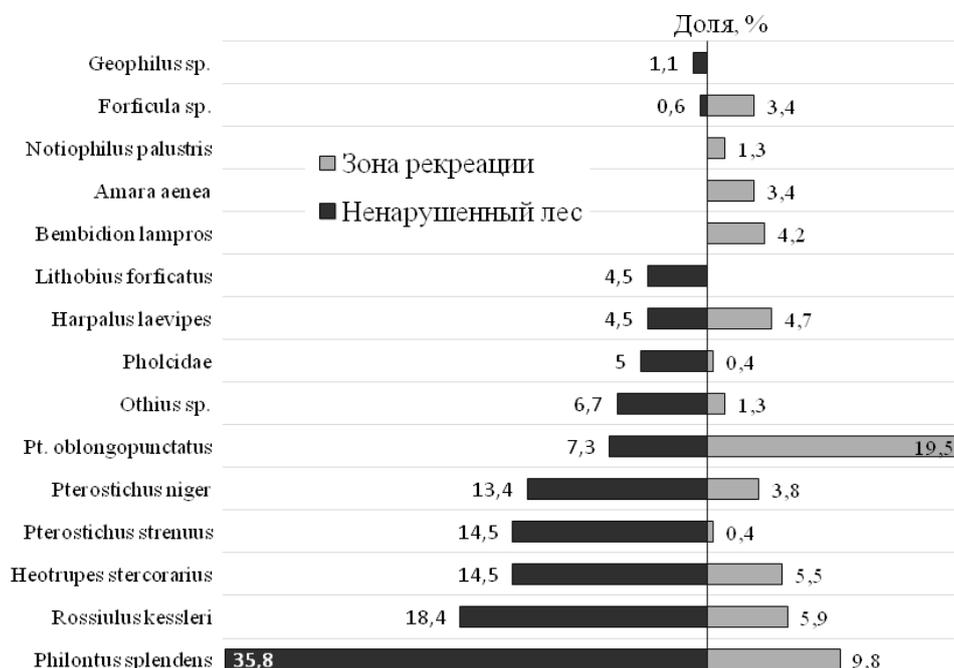


Рис. 1. Характер изменения численной доли (% от общей численности) наиболее массовых представителей почвенной мезофауны хвойно-широколиственного леса под действием рекреационной нагрузки базы отдыха «Сосновый посад»

При этом, наибольшая концентрация биомассы и видового богатства мезофауны наблюдается в зоне ненарушенного леса, на уровне точек 5–7 и 5–8 (см. рис. 2).

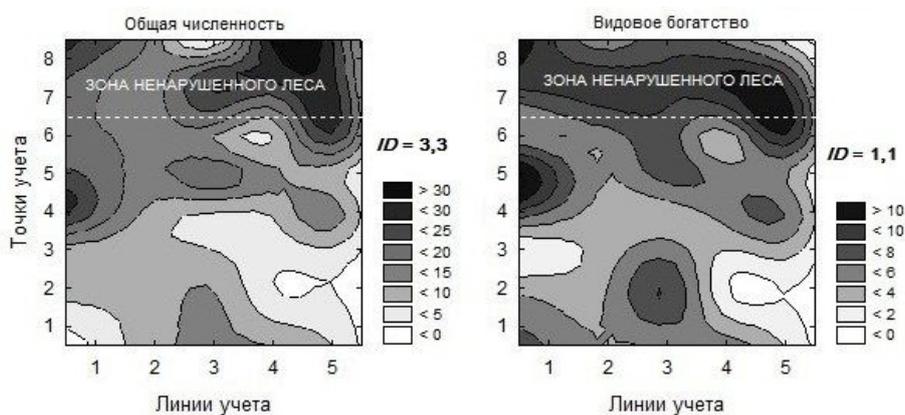


Рис. 2. Фоновые картограммы пространственного распределения общей численности и видового богатства почвенной мезофауны на поверхности рекреации и ненарушенного леса

На территории рекреации (базы отдыха) пятна наибольшей концентрации почвенных организмов по двум указанным признакам тяготеют к границам с ненарушенным лесом, в большей степени на уровне точек 1-5, 3-5 и 5-4 (см. рис. 2). Все указанные точки сходны по своему расположению под древесным пологом и в густом травостое (70–95%). Помимо этого, точка 1-5, расположена

под густым подлеском, кустарничками и вблизи ненарушенного леса. Наличие в этом месте стрельбищной площадки не оказывает отрицательного воздействия на уровень обилия беспозвоночных. Точка 3-5 находится в относительном удалении от каких-либо построек, дорожек или игровых площадок. Точка 5-4 напротив, соседствует с хозяйственной постройкой. В районе всех указанных точек производится регулярное скашивание травы, что, по видимому, не оказывает заметного влияния на концентрацию почвенных членистоногих.

На самом минимальном уровне находится обилие и видовое богатство почвенных беспозвоночных в северо-западной части базы отдыха, в районе точек 4-2, 5-2 и соседствующих с ними (см. рис. 4 на с. 23). Их местоположение характеризуется близостью асфальтированной пешеходной дорожки и игровых площадок, что, безусловно, не лучшим образом сказывается на сообществе почвообитающих животных.

Для выявления характера пространственного распределения наиболее значимых видов почвенной мезофауны выбраны, в первую очередь, виды с наиболее широким диапазоном встречаемости (повсеместные) и самые многочисленные (доминанты). В такую группу вошли следующие 5 видов: стафилин *Philontus splendens* (встречаемость 57,5%), жужелица *Pterostichus oblongopunctatus* (55%), навозник *Heotrupes stercorarius* (47,5%), жужелица *Pterostichus niger* (45%) и многоножка *Rossiulus kessleri* (42,5%).

Индекс агрегированности у данных видов колеблется в достаточно широком диапазоне – от 2,3 ($p=0,002$) у *Rossiulus kessleri*, до 0,6 у *P. niger* и *H. stercorarius* ($p=0,8-0,9$).

Согласно значениям *ID* такие виды, как *Heotrupes stercorarius* и *Pterostichus niger* распределяются по площади базы отдыха равномерно, остальные – образуют пятна скоплений (агрегации).

Фоновые картограммы пространственного распределения отдельно взятых наиболее массовых и распространенных видов мезофауны представлены на рис. 3.

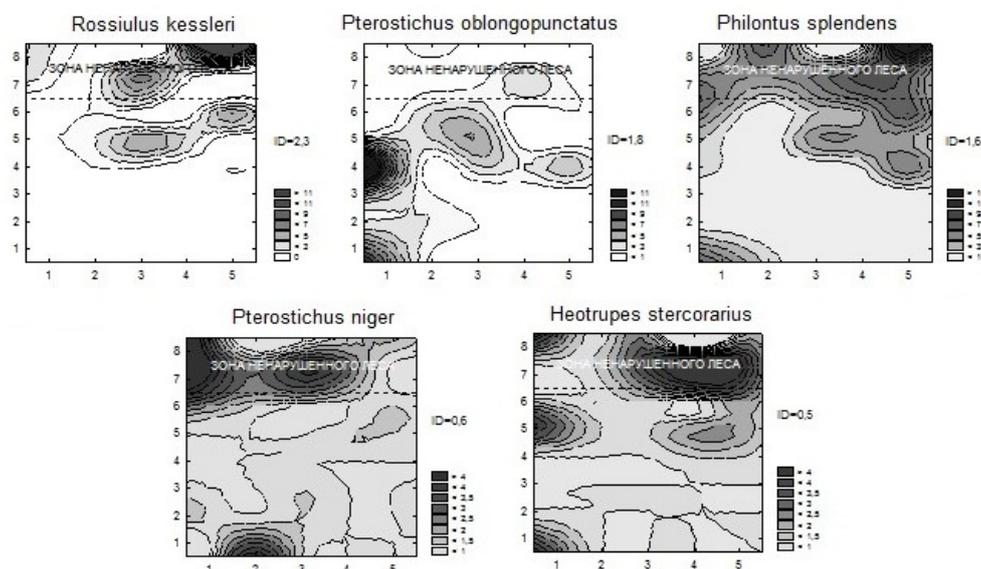


Рис. 3. Фоновые картограммы пространственного распределения наиболее значимых видов почвенной мезофауны на поверхности базы отдыха

Виды, пространственное размещение которых охарактеризовано, как агрегированное (*Rossiulus kessleri*, *Pterostichus oblongopunctatus*, *Philontus splendens*), концентрируются в разных зонах базы отдыха, но, как правило, ближе к границе с ненарушенным лесом, на участках с густым травостоем и подлеском. Другие, равномерно распространенные по площади рекреации виды (*Pterostichus niger*

и *Neotrupes stercorarius*), не обнаруживают особой привязанности к каким-либо определенным условиям поверхности.

По результатам корреляционного анализа выявляется слабая зависимость показателей обилия и видового богатства почвенной мезофауны на рекреационной территории от плотности травяного покрова: $r=0,0968$ по численности; $r=0,131$ по видовому богатству (см. рис. 4).

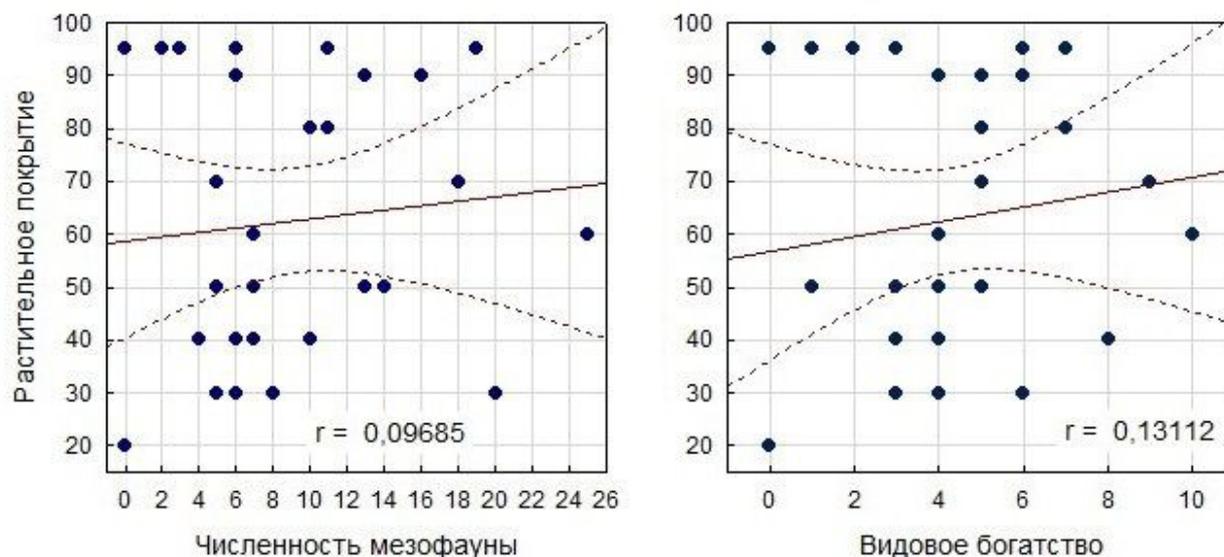


Рис. 4. Анализ корреляции (Спирмена) обилия и видового богатства почвенной мезофауны на рекреационной территории с фактором плотности травостоя

Вероятно, на размещение пятен концентраций беспозвоночных, кроме фактора проективного покрытия травостоя, могут иметь значение дополнительные особенности территории, например, наличие и густота подлеска, видовой состав травостоя, плотность верхнего слоя почвы и напочвенного покрова, состав напочвенного покрова и т. д. Таким образом, выявляется необходимость учитывать более широкий и подробный спектр факторов микросредовых условий, чего в данной работе не производилось.

По итогам настоящих исследований можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Рекреационное воздействие на хвойно-широколиственный лес в виде функционирования базы отдыха оказывает эффект увеличения видового богатства почвенной мезофауны при заметном снижении ее численности. Возрастает, при этом, и показатель экологического разнообразия данных организмов, отражающий устойчивость экосистемы.

2. В условиях рекреации, сообщество почвенных членистоногих дифференцируется на 4 группы по отношению к нарушению данного типа: характерные (эуценные) только для ненарушенного леса; преферентные для условий рекреации; толерантные виды, и виды-вселенцы.

3. Общая численность и совокупность видов почвенной мезофауны распределяются по рекреационной территории агрегированно. При этом, наибольшая концентрация организмов по этим параметрам наблюдается в зоне ненарушенного леса.

4. Отдельные, наиболее значимые виды беспозвоночных могут распределяться по рекреационной территории либо агрегированно, либо равномерно. Размещение пятен концентраций, при этом, зависит не только от характера растительного покрова, но и от комплекса дополнительных факторов.

Литература

1. Анциферов А.Л. Сообщество жужелиц (Coleoptera, Carabidae) вторичных темнохвойных лесов Костромского Заволжья в сравнении с данными по коренным ельникам // Евразийский энтомологический журнал. 2016. Т. 15. № 3. С. 261–269.
2. Голуб В.Б., Цуриков М.Н., Прокин А.А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. М.: КМК, 2012.
3. Грюнталь С.Ю. Влияние рекреационного лесопользования на почвенное население сосняков // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 137–141.
4. Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975.
5. Покаржевский А.Д., Гонгальский К.Б., Зайцев А.С. [и др.] Пространственная экология почвенных животных. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007.
6. Савин Ф.А., Гонгальский К.Б., Покаржевский А.Д. Необходимый объем выборки при учете численности и таксономического разнообразия крупных почвенных беспозвоночных в разных природных зонах // Экология. 2006. № 1. С. 39–44.
7. Шарова И.Х., Якушкина М.Н. Закономерности изменения населения жужелиц под влиянием рекреации в лесах Среднего Поволжья: моногр. Саранск: Мордов. гос. пед ин-т, 2002.
8. Rosenberg M.S., Anderson C.D. PASSaGE: Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographic Exegesis. Version 2. Methods in Ecology & Evolution 2(3). 2011. P. 229–232.