

---

## РЕКРЕАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА МОЛЛЮСКОВ СУБТРОПИЧЕСКИХ БУКОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

В.Г. Щербина, И.С. Белюченко

Сочинский научно-исследовательский центр РАН  
ул. Театральная, 8А, Сочи, Россия, 354000

Кубанский госагроуниверситет  
ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044

Анализируется влияние рекреационных нагрузок в субтропических буковых биогеоценозах России на разнообразие и плотность моллюсков. Определены индикаторные свойства.

**Введение.** Для субтропической зоны России, в связи с проведением Олимпиады-2014, особенно актуальными являются исследования влияния рекреационного фактора на лесные биогеоценозы Черноморского побережья, с их уникальными эндемиками и реликтами. По исследованиям Р.Н. Семагиной [3], в растительных сообществах от 40 до 61% занимают древние (третичные) леса, где преобладают виды (33—42%), относящиеся к древнему колхидскому классу.

Одним из доступных и значимых индикаторов состояния лесных биогеоценозов являются представители малакофауны [5]. В данной работе предпринята попытка оценить их биоиндикаторные характеристики на рекреационную трансформацию буковых биогеоценозов.

**Материал и методы.** Исследования проводились в 35 районах субтропической зоны Черноморского побережья России в 9 типах буковых биогеоценозов: беспокровный (*Fagetum nudum*), овсяницевоый (*F. festucosum*), ясеннивый (*F. asperulosum*), лавровишневоый (*F. laurocerasosum*), самшитовый (*F. baxosum*), рододендроновый (*F. rhododendrosom*), разнотравно-ежевиковый (*F. herborubosum*), папоротниковый (*F. filicosum*), азалиевый (*F. asaleosum*). В пределах типов выделялись биогеоценозы по биоразнообразию древостоя (букняки чистые — с одним буком в древостое и смешанные — букняки грабовые и букняки дубово-грабовые), составу и сомкнутости основного полога (0,6, 0,8 и 1,0).

Основываясь на ОСТ 56-100-95, определение рекреационных нагрузок производилось по 5 категориям повреждения почвенного покрова [6].

Моллюсков, обитающих в траве или на поверхности стволов (на высоте человеческого роста), сырых дуплах, парцеллах мха и лишайников и всевозможных трещин и щелей на скалах и деревьях, учитывали на площадках 4 м<sup>2</sup>. При учете видов, живущих в почве, подстилке или трухе, пробы отбирали с площадок 1,0 × 1,0 м, на четырех углах которых забивали колышки с последующим натягиванием лески. Участок разбивали на четыре равных квадрата, с поверхности которых отбирали образцы (подстилка и почва) до глубины 10 см. В лабораторных условиях для выборки моллюсков промывали почву водой через систему агрономических сит — верхнее сито с ячейкой площадью в 5, среднее — 3, нижнее — 1 мм<sup>2</sup>. Улиток перед учетом живых особей содержали во влажной среде (30—

50 мин.). Численность оценивалась путем суммирования по пробам с последующей экстраполяцией полученных данных на 1 м<sup>2</sup> площади.

Количество учетных площадок по отдельным биогеоценозам определяли по П.Ф. Рокицкому (1964) с использованием формулы:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2},$$

где  $n$  — необходимый объем выборки (количество учетных площадок);  $t$  — нормированное отклонение ( $t = 3$ );  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение;  $\Delta$  — заданная точность при принятой вероятности отклонения средней арифметической от генеральной совокупности ( $\Delta = 0,01$  экз./м<sup>2</sup>).

Учеты проводились в ноябре 1997—1998 гг., августе и ноябре 2000—2001 гг., в течение года — с ноября по октябрь 2002—2003, 2005—2007 гг. Всего по отдельным категориям повреждения почвенного покрова было проанализировано по 320—480 проб.

**Результаты и их обсуждение.** Представители типа Mollusca, представленные в субтропических буковых биогеоценозах 64 видами [7], на I категории рекреационного повреждения характеризуются 56 видами (87,5%). Из них 24 вида (44,4%) встречаются только на Кавказе. Из отмеченных 8 видов (14,8%) встречаются только в биогеоценозах со смешанным древостоем — с участием дуба (*Acanthinula aculeate*, *Caecilioides acicula*, *Daudebardia lederi*, *Scrobifera taurica*, *Mentissoidea litotes*, *Orcula doliolum*, *Aeme moussoni*, *Retinella petronella*, *Vitrea botterii*) и 3 вида (5,6%) — только в местообитаниях с вечнозеленым подлеском (*Pontophaedusa funiculum*, *Serrulina semilamellata*, *Thela samsunensis*). Обязательными являются: из слизней — 3 (5,6%) вида (*Arion subfuscus*, *Deroceras laeve*, *Malacolimax tenellus*), из улиток — 7 (13,0%) видов. В состав последних входит 5 видов, широко распространенных в средней полосе (*Ena obscura*, *Euconulus fulvus*, *Eulota fruticum*, *Laciniaria retowskii*, *Serrulina serrulata*) и 2 вида, характерных для Кавказа (*Lauria cylindraea*, *L. duboisi*).

Эудоминантами являются: *Retinella hammonis*, *Trichia holotricha*, *S. serrulata*, *P. funiculum*, *L. retowskii*, *L. pumiliformis*, *Truncatellina costulata*.

По мере увеличения в древостое участия бука отмечается возрастание популяционной плотности малакофауны (исключение составляют овсяницево-сообщества с тремя единицами граба) (разница достоверна при  $t = 2,61—2,93$ ;  $p = 0,01$ ) и уменьшается их видовое разнообразие (при  $t = 2,73—3,02$ ;  $p = 0,01$ ). Например, в лавровишневом типе с составом древостоя 6Бк2Дб2Грб, 7Бк2Дб1Грб, 8Бк1Дб1Грб и 10Бк плотность малакофауны составляет, соответственно 1,8, 20,1, 25,5 и 33,2 экз./м<sup>2</sup>, при видовом разнообразии 45, 40, 31 и 29 видов/м<sup>2</sup>.

С возрастанием рекреационной нагрузки до II категории рекреационного повреждения почвенного покрова из общего числа видов встречается только 46 (71,9%), т.е. биоразнообразие снижается на 17,9% (разница достоверна при  $t = 2,59$ ;  $p = 0,01$ ). Это связано с тем, что из сообществ исчезает 12 малообильных видов, встречающихся только на I категории повреждения. К ним относят-

сы 3 вида, характерных для Кавказа (*Euomphalia aristata*, *Mucronaria duboisi*, *Euomphalia ochraceus*), и 9 видов, характерных для средней полосы России (*Oxuchilus mingrelicus*, *Ox. kutaisianus*, *Laciniaria circassica*, *Helicella krynickii*, *Euomphalia selecta*, *E. ravergieri*, *E. applliana*, *Circassina frutis*, *E. fruticum*). Следует отметить, что исчезающий из сообществ на II категории *E. fruticum* является облигатным видом на I, со средней популяционной плотностью 0,2 экз./м<sup>2</sup> (с максимумом в самшитовом типе — до 0,68 экз./м<sup>2</sup>).

На этой нагрузке появляется 3 новых для биогеоценозов видов: малообильный, мелкий представитель, обитающий под камнями и в лесной подстилке — *Retinella nitens*; малообильный крупный представитель напочвенного покрова в Кавказском регионе — *Caucasitachea atrolabiata*; многочисленный, облигатный, характерный для Черноморского побережья — *Pomatias rivulare*. Их плотности в среднем составляют соответственно 0,10, 0,25, 2,28 экз./м<sup>2</sup>. В разряд облигатных переходит еще 3 вида, характерные для побережья, встречающиеся на I категории только в биогеоценозах с колхидским подлеском: *P. funiculum*, *S. semilamellata*, *Th. samsunensis*. Их плотность в среднем составляет соответственно 0,93, 0,88, 1,07 экз./м<sup>2</sup>.

Численность слизней, в биогеоценозах с тремя древесными видами, имеет прямую зависимость от влажности почвы ( $r = 0,762 - 0,996$ , при  $p = 0,01$ ) — чем выше показатель влажности — тем выше численность слизней. Так, минимальная их численность (0,26 экз./м<sup>2</sup>) регистрируется в самшитовом типе с составом древостоя ББкЗДб1Грб при влажности верхних слоев почвы 24,5%, а максимальная (1,84 экз./м<sup>2</sup>) — в папоротниковом типе с составом 8Бк1Дб1Грб при влажности 28,6%. Исключение составляют биогеоценозы с двумя единицами граба. Здесь слизней значительно меньше (на 61—66%). Достоверные отличия ( $F = 2,34 - 6,28$ ;  $F_{\text{табл}} = 1,72$ , при  $p = 0,01$ ), видимо, объясняются большей долей листового грабового опада, повышающим актуальную кислотность почвы и лесной подстилки [1]. Соответственно, и моллюски в данных биогеоценозах представлены в основном улитками с незначительной плотностью, а слизни встречаются только к концу лета [4].

В биогеоценозах с чистым древостоем численность слизней максимальна. Больше их регистрируется в местообитаниях с большей долей подстилки ( $t = 2,60 - 2,95$ ;  $p = 0,01$ ). Например, в овсяницево-мшанном типе — 0,44 экз./м<sup>2</sup> (подстилки 0,483 г/м<sup>2</sup>), а в папоротниковом — 1,85 экз./м<sup>2</sup> (подстилки 0,502 г/м<sup>2</sup>).

Эудоминантами в биогеоценозах являются: *P. funiculum*, *Tr. holotricha*, *D. laeve*, *R. hammonis*, *S. serrulata*, *S. semilamellata*, *L. retowskii*, *P. funiculum*, *M. duboisi*, *A. subfuscus*.

Следовательно, на II категории рекреационного повреждения сохраняется закономерность, характерная для I — с увеличением в биогеоценозах доли участия бука в древостое происходит снижение видового разнообразия моллюсков. Снижение сильнее проявляется в лавровишневом типе (в среднем на 19,6%), азалиевом (18,4%), самшитовом (16,1%) и рододендроновом (15,3%), т.е. в биогеоценозах с колхидским подлеском. Минимальное снижение регистрируется в беспокровном типе (5,5%).

На общем фоне снижения видового разнообразия моллюсков прослеживается и снижение их популяционной плотности — на 23,7—46,3% ( $\bar{x} = 43,9\%$ ). Исключения составляют слизни *A. subfuscus* и *D. laeve*, численность которых, напротив, возрастает соответственно в 4,3 и 3,3 раза, составляя в среднем 0,86 и 0,83 экз./м<sup>2</sup>. При этом их плотность выше в сообществах с меньшей долей участия граба ( $t = 2,58—2,66$ ;  $p = 0,01$ ). Например, численность *A. subfuscus* в овсяницевом типе при составе древостоя 6Бк4Грб, 7Бк3Грб, 8Бк2Грб и 10Бк составляет соответственно 0,22, 0,71, 0,88 и 2,19 экз./м<sup>2</sup>.

Популяционная плотность улиток в среднем составляет 2,4 экз./м<sup>2</sup>. При этом в биогеоценозах с одним буком в древостое их численность снижается в среднем на 51,5% (от 21,1% в овсяницевом типе до 67,1% в папоротниковом). В биогеоценозах с двумя видами в древостое — на 46,3% (от 37,8% в разнотравно-ежевиковом до 54,5% в рододендроновом). В биогеоценозах с тремя видами в древостое — снижается в среднем на 40,2% (от 19,8% в лавровишневом до 57,3% в папоротниковом). Следовательно, на II категории численность улиток сокращается сильнее в биогеоценозах с чистым древостоем и менее — в биогеоценозах с тремя древесными видами. Среди типов большую чувствительность улитки проявляют в папоротниковом типе.

На III категории моллюски представлены 31 видом — их биоразнообразие, от общего количества, составляет 48,4%, т.е. снижается на 51,6% (разница достоверна при  $t = 3,08$ ;  $p = 0,001$ ). Это происходит за счет элиминации 19 видов (*A. subfuscus*, *D. laeve*, *M. tenellus*, *Agrioliman melanocephalus*, *Chondrina avenacea*, *Ch. clienta*, *C. cirriassica*, *Limax maximus*, *E. pisitormis*, *Fruticocampylaea narzanensis*, *Sc. taurica*, *L. retowskii*, *Ox. cellarius*, *Platythela mingrelica*, *R. nitidula*, *Retowskia schlaetii*, *Thela orientalis*, *Th. samsunensis*, *Tr. holotricha*) и появления 5 новых (*Deroceas agreste*, *Ag. agresticulus*, *Cochlostoma lederi*, *Laciniaria closta*, *Zebrina hohenackeri*), не обитающих в биогеоценозах на I—II категориях. Из встречающихся видов 52% составляют характерные для Кавказа формы, т.е. с увеличением рекреационной нагрузки их видовая численность возрастает.

К облигатным относится 9 видов (29%): *E. obscura*, *E. fulvus*, *L. duboisi*, *L. pumiliformis*, *L. cylindraea*, *P. rivulare*, *P. funiculum*, *S. semilamellata*, *Vitrea contortula*. Из которых 7 последних характерные для Кавказа.

С плотностью более двух особей моллюски встречаются только в биогеоценозах с участием дуба. При этом проявляются определенные закономерности. Так, численность *P. rivulare* в лавровишневых местообитаниях увеличивается, составляя в среднем 3,29 экз./м<sup>2</sup>, что в три раза больше по сравнению со II категорией (разница достоверна при  $t = 2,88$ ;  $p = 0,01$ ). Вид, характерный для Черноморского побережья — *C. lederi* — встречается только в лавровишневом, азалиевом, папоротниковом и самшитовом типах, с максимальной плотностью в самшитовых местообитаниях (6Бк3Дб1Грб и 7Бк2Дб1Грб) и папоротниковых (6Бк3Дб1Грб и 8Бк1Дб1Грб).

Среди слизней облигатными видами, кроме *Ag. roseni*, становятся *D. agreste* — характерный вид для биогеоценозов с участием в древостое дуба и *Ag. agresticulus* — встречающийся в биогеоценозах с чистым буковым древостоем,

или с незначительным участием граба, т.е. с составом древостоя 9Бк1Грб и 10Бк, проявляя максимальную численность в лавровишневых типах. Указанные два вида не встречаются на I и II категориях. Популяционная плотность *D. agreste* увеличивается по мере увеличения доли бука в древостое, проявляя максимальную численность в самшитовых типах. Например, в лавровишневых биогеоценозах с составом древостоя 6Бк2Дб2Грб, 7Бк2Дб1Грб и 8Бк1Дб1Грб плотность слизней составляет соответственно 0,20, 0,55 и 1,36 экз./м<sup>2</sup>. В самшитовых и папоротниковых типах с составом 8Бк1Дб1Грб, напротив, происходит снижение. *Ag. roseni* встречается во всех типах буковых биогеоценозов. Исключения представляют биогеоценозы с участием *Ag. agresticulus*, где *A. roseni* либо отсутствует, либо его популяционная плотность очень низка — 0,01—0,05 экз./м<sup>2</sup>. Также этот вид не зарегистрирован в лавровишневом типе с составом древостоя 6Бк2Дб2Грб и 7Бк2Дб1Грб.

Эудоминантами в биогеоценозах являются: *P. funiculum*, *Ag. melanocephalus*, *C. acicula*, *D. heydeni*.

На IV категории моллюски представлены 20 (31,3%) видами. По сравнению с предыдущей рекреационной нагрузкой биоразнообразие снижается на 35,5% (разница достоверна при  $t = 3,15$ ;  $p = 0,001$ ) (в сравнении с I категорией — на 64,3%), за счет элиминации 13 видов и появлении двух новых — *T. costulata* и *Jaminia pupoides* — встречающихся в сухих растительных остатках. Как общая черта, это отсутствие облигатных видов и сокращение их численности — встречаются спорадически отдельными экземплярами, со средней плотностью 0,01 экз./м<sup>2</sup>.

Из слизней встречается только два вида — *Ag. agresticulus* и *A. roseni*. Первый из них характерен только в биогеоценозах с чистым буковым древостоем.

Эудоминантами являются: *P. funiculum*, *Ag. melanocephalus*, *A. agresticulus*, *C. acicula*, *D. heydeni*, *Ch. avenacea*, *M. duboisi*, *V. contortula*.

На V категории малокофауну возможно оценивать только в течение года, так как ее представители встречаются с высокой спорадичностью. Они представлены 15 (23,4%) видами (*A. aculeate*, *C. acicula*, *C. atrolabiata*, *C. lederi*, *E. obscura*, *E. fulvus*, *J. pupoides*, *L. cylindraea*, *O. doliolum*, *R. nitens*, *T. costulata*, *V. botterii*, *V. contortula*, *V. subeffusa*), что по сравнению с IV категорией меньше на 25%. В основном это мелкие формы, обитающие под камнями, корой, среди корней или сухих растительных остатков. Крупными размерами (21 × 35 мм) обладает только *C. atrolabiata* — представитель кавказской малакофауны, обитающий на подлеске, подросте и стволах деревьев.

Анализируя популяционную плотность моллюсков и их разнообразие с рекреационной нагрузкой с помощью дисперсионного анализа по иерархической схеме, получаем: «плотность—нагрузка»:  $F_{\text{факт}} = 13,8 \pm 0,14$  ( $F_{\text{табл}} = 3,63$ , при  $p = 0,01$ ;  $df_{\text{общее}} = 80$ ); «плотность—биогеоценозы»:  $F_{\text{факт}} = 4,2 \pm 0,07$ ; «виды—нагрузка»:  $F_{\text{факт}} = 17,9 \pm 0,02$  ( $F_{\text{табл}} \approx 3,56$ , при  $p = 0,01$ ;  $df = 60$ ); «виды—биогеоценозы»:  $F_{\text{факт}} = 3,9 \pm 0,02$ . Следовательно, выборки достоверно отличаются друг от друга. Влияние бесспорно как рекреационной нагрузки, так и местообитания на популяционную плотность и видовое разнообразие моллюсков. При

этом доля влияния различий в факторе «рекреационная нагрузка» в общей вариации составляет от 72,4% (плотность) до 88,0% (разнообразие). Соответственно, влияние различий в биотическом факторе в общей вариации — 27,6 и 12,0%.

При оценке степени биоиндикаторной сопряженности с другими рассматриваемыми биотическими и абиотическими компонентами буковых биогеоценозов была выявлена высокая сопряженность и с высокой значимостью (при  $p \leq 0,01$ ) на отдельных категориях рекреационного воздействия. Так, показатель плотности обитания улиток проявляет достоверную корреляционную связь на I—III категориях с общей биомассой травяно-кустарничкового покрова ( $r = 0,716—0,995$ ), а также с биомассой луговых ( $r = -0,723 — -0,986$ ) и реликтовых (лесных) видов ( $r = 0,701—0,996$ ); биомассой лесной подстилки ( $r = 0,766—0,994$ ) (исключение на III категории биогеоценозы с составом 10Бк); плотностью обитания насекомых-редуцентов ( $r = 0,746—0,993$ ) (исключение — на III — 10Бк); влажностью верхних горизонтов почвы ( $r = 0,762—0,996$ ). На II—III категориях к этим признакам прибавляются еще плотность насекомых-хищников ( $r = -0,803 — -0,990$ ), водопроницаемость почвы ( $r = 0,721—0,996$ ), температура ее поверхности ( $r = -0,717 — -0,997$ ) и ее плотность ( $r = -0,744 — -0,998$ ). Следует отметить следующее:

1) во всех типах на II и III категориях меньшие значения корреляции отмечаются в биогеоценозах с чистым древостоем;

2) по мере возрастания нагрузки (с I по II) происходит снижение связи;

3) с переходом биогеоценозов на III категорию происходит увеличение связи с плотностью почвы и ее поверхностной температурой, а также изменение величин других зависимостей. Например, если на I категории связь с общей фитомассой травостоя оценивается коэффициентом корреляции в диапазоне 0,917—0,995, то на II и III соответственно 0,751—0,977 и 0,716—0,961.

На IV категории отмечаются тесные связи только в букняках дубово-грабовых с биомассой лесной подстилки ( $r = 0,772—0,878$ ), плотностью насекомых-редуцентов ( $r = 0,748—0,974$ ) и влажностью почвы ( $r = 0,764—0,930$ ).

С плотностью орибатидофауны малакофауна имеет среднюю, но достоверную связь, на I категории во всех биогеоценозах ( $r = 0,644—0,715$ ), а на II — только в букняках дубово-грабовых ( $r = 0,516—0,810$ ).

Из полученных результатов можно заключить, что комплексы доминирующих видов на отдельных категориях рекреационного повреждения могут выступать в роли биоиндикаторов рекреационной нагрузки. Исключения составляют: *E. fruticum* и *C. atrolabiata* в лавровишневом биогеоценозе с составом древостоя 6Бк2Д62Грб (на IV категории); *Z. hohenackeri* — лавровишневый, 7Бк2Д61Грб (III); *L. aggesta* и *V. botterii* — лавровишневый, 8Бк1Д61Грб (I—III, IV); *L. circassica*, *M. duboisi* и *L. retowskii*, *S. serrulata* — рододендроновый, 6Бк4Грб (II, III); *M. duboisi* — рододендроновый, 7Бк3Грб (I); *C. acicula* — самшитовый, 6Бк2Д62Грб (I); *Z. hohenackeri* — папоротниковый, 6Бк3Д61Грб (III); *D. agreste* и *L. circassica* — папоротниковый, 8Бк1Д61Грб (III); *S. serrulata* и *R. hammonis* — папоротниковый, 10Бк (II, III); *Eumilax brandti* — разнотравно-ежевиковый, 9Бк1Грб (I); *R. hammonis* — разнотравно-ежевиковый, 10Бк (III); *P. funiculum* — овсяницевоый, 10Бк (III); *C. frutis* — беспокровный, 6Бк4Грб (I).

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Во всех буковых биогеоценозах:

— структура малокофауны достоверно отличается в биогеоценозах одного типа с разным составом древостоя и с разной рекреационной нагрузкой;

— плотность обитания брюхоногих моллюсков и их видовое разнообразие с увеличением рекреационной нагрузки снижается.

2. Биоиндикаторную роль при рекреационном воздействии на биогеоценозы могут выполнять:

— показатель видового разнообразия и плотности обитания моллюсков;

— отсутствие в биогеоценозах определенных видов;

— наличие в биогеоценозах определенных видов-эудоминантов;

— наличие и величина корреляционных связей с другими биотическими и абиотическими компонентами биогеоценозов.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Мелехов И.С.* Лесоведение. — М.: Лесн. пром-сть, 1980.
- [2] *Рокицкий П.Ф.* Биологическая статистика. — Минск: Высшая школа, 1964.
- [3] *Семагина Р.Н.* Растительность колхидских субтропических лесов Сочинского побережья Кавказа // Почвенно-биогеоценологические исследования на Северо-Западном Кавказе. — Пушкино, 1990. — С. 33—45.
- [4] *Щербина В.Г., Белюченко И.С.* Экологическая устойчивость лесных экосистем // Проблемы экології та екологічної освіти: I Міжнар. науч. конф. — Кривий Ріг: Вид-во International Victory of Intellect, 2002. — С. 59—64.
- [5] *Щербина В.Г., Белюченко И.С.* Мониторинг окружающей среды: методологические основы. 3-е изд. доп. перераб. — Сочи: ИЭиВС, 2006.
- [6] *Щербина В.Г.* Оценка рекреационного повреждения почвенного покрова // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2007. — Т. 3. — № 4. — С. 37—41.
- [7] *Щербина В.Г.* Буковые экосистемы Российского Причерноморья. — Кривой Рог: Изд-во «Минерал», 2007.

## RECREATIONAL INFLUENCE ON MOLLUSCS OF SUBTROPICAL BEECH BIOGEOCENOSSES

V.G. Sherbina, I.S. Belychenko

*Teatralnaya str., 8A, Sochi, Russia, 354000*

*Kalinina str., 13, Krasnodar, Russia, 350044*

Is Analysed influencing of the recreational loadings in subtropical beech to biogeocenoses Russia on a variety and closeness of molluscs. It was specified bioindicators properties.