

УДК 574.474:504.73/.74.05/.06(1-21)

## РЕКРЕАЦИОННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГОРНОМ КЛАСТЕРЕ СОЧИНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

© Щербина В.Г.

*Филиал Института природно-технических систем, г. Сочи, Россия*

*Анализируются в горном кластере сочинского побережья показатели трофических групп почвенных беспозвоночных в девяти типах рекреационно трансформированных буковых экосистем при различном разнообразии и составе древостоя. Выявлена зависимость величины участия фиторизофагов, хищников и редуцентов от состава древостоя, его биоразнообразия и стадий рекреационной дигрессии. Приводятся ряды типов буковых экосистем по степени их трансформации при стадиях рекреационной дигрессии.*

**Ключевые слова:** *сочинское побережье, горный кластер, лесная экосистема, бук, рекреация, почвенные беспозвоночные, трансформация*

Состояние почвенной фауны не только отражает фаунистические черты, свойственные определенным местообитаниям [1, 2, 4, 6, 8], но и с достаточной точностью характеризует степень трансформации местообитаний, позволяя индцировать антропогенные нагрузки [11, 13]. Эти вопросы, несмотря на многочисленность исследований, остаются актуальными и для сочинского побережья, как региона рекреационно-туристской специализации, испытывающего в отдельных районах значительное антропогенное воздействие [3, 10, 12, 14], что ставит под угрозу возможность их многоцелевого рекреационного использования [3, 11].

Цель исследования заключалась в оценке степени рекреационной трансформации буковых экосистем в горном кластере сочинского побережья по состоянию трофических группировок мезопедобионтов.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в 9 типах буковых горных

экосистем: букняк беспокровный (*Fagetum nudum*), букняк овсяницевый (*F. festucosum*), букняк ясенниковый (*F. asperulosum*), букняк лавровишневый (*F. laurocerasosum*), букняк самшитовый (*F. baxosum*), букняк рододендроновый (*F. rhododendrosom*), букняк разнотравно-ежевиковый (*F. herborubosum*), букняк папоротниковый (*F. filicosum*), букняк азалиевый (*F. asaleosum*). В пределах типов выделялись экосистемы по биоразнообразию древостоя (монодоминантные – с одним буком в древостое и смешанные – букняки грабовые и букняки дубово-грабовые), составу (10Бк, 9Бк1Грб, 8Бк2Грб, 7Бк3Грб, 6Бк4Грб, 8Бк1Дб1Грб, 7Бк2Дб1Грб, 6Бк3Дб1Грб, 6Бк2Дб2Грб).

Определение рекреационного воздействия основывалось на Отраслевом стандарте 56-100-95 [5] и на индикаторных характеристиках рекреационно трансформированной объемной массы почв [11], с определением стадий дигрессии [9].

Учет беспозвоночных и их личинок в лесной подстилке и верхнем слое почвы производился при I-III стадиях рекреационной дигрессии в 10-кратной повторности; при IV-V – 15-кратной. Учетные площадки (1,0×1,0 м) разбивались на четыре равных квадрата, с выборкой подстилки и почвы до глубины 10 см, с последующей разборкой в лабораторных условиях.

Обобщение эмпирических результатов проводилось с применением стандартных статистических методов анализа вариационных рядов генеральных совокупностей [7].

**Результаты и обсуждение.** Полученные результаты показали, что заселение рекреационно нарушенных буковых экосистем идет не специализированными, а обычными для сочинского побережья видами мезопедобионтов [11, 14], проявляющими толерантность к качественному состоянию рекреационно измененного экотопа [9, 13]. Характер ответной реакции беспозвоночных на нарушенных участках в экосистемах одного типа, но с различным биоразнообразием и составом древостоя, имеет определенные закономерности.

Доля фито-ризофагов имеет достаточно широкий диапазон варьирования, составляя при I стадии рекреационной дигрессии экосистем в среднем 6,0%, варьируя от 3,2 до 12,7%. Меньшая доля участия характерна для экосистем с тремя кондоминантами в древостое (составляя от 3,2 до 10,9%), и большая – для сообществ с монодоминантным древостоем (составляя от 6,1% в папоротниковом типе до 12,7% в овсяницевом). Экосистемы с буро-грабовым древостоем занимают промежуточное положение – доля вредителей составляет от 4,1 до 10,4%.

В пределах типов буковых экосистем доля вредителей возрастает с уменьшением числа содоминирующих видов в древостое и с увеличением доли бука. Так, в сообществах с доминирующим участием трех видов (буком, дубом и грабом) и составом древостоя 6Бк3Дб1Грб, 6Бк2Дб2Грб, 7Бк2Дб1Грб, 8Бк1Дб1Грб доля фито-ризофагов составляет, соответственно 3,7, 4,7, 4,5, 5,1%. В экосистемах с двумя видами (буком и грабом) прослеживается аналогичная закономерность – при составе древостоя 6Бк4Грб, 7Бк3Грб, 8Бк2Грб, 9Бк1Грб доля вредителей соответственно составляет 4,8, 5,4, 6,4, 6,9%. В экосистемах с одним доминирующим буком – в среднем 9,1%.

По мере возрастания рекреационной нагрузки участие вредителей также возрастает. При II, III, IV и V стадиях дигрессии доля фито-ризофагов соответственно составляет 7,1, 9,4, 11,3 и 40,6% (разница достоверна при  $t = 1,94-2,11$ ;  $p = 0,05-0,03$ ) (рис. 1). Следует отметить, что при V стадии, в отличие от предшествующих, участие вредителей выше в экосистемах с большим участием видов в древостое, т.е. там, где большее разнообразие в биоценозе. Так, большая численность зарегистрирована в букняках дубово-грабовых (в среднем 61,5%) и меньшая – в букняках грабовых и чистых букняках (соответственно 29,8 и 30,2%).

Доля участия хищников при I стадии рекреационной дигрессии составляет минимум в букняках дубово-грабовых (в среднем 43,2%). Большая доля (в среднем 48,0%) характерна для сообществ с монодоминантным древостоем и максимальная (84,9%) для букняков грабовых.

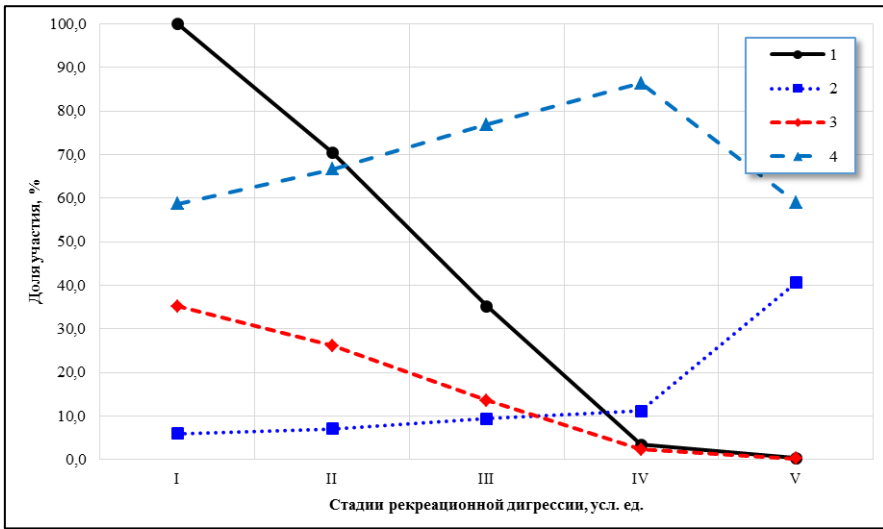


Рис. 1. Динамика в рекреационных местообитаниях доли участия мезопедобионтов: 1 – общая численность; 2 – фито-ризофаги; 3 – редуценты; 4 – хищники

В пределах типов буковых экосистем участие хищников уменьшается с уменьшением величины биоразнообразия древостоя и увеличением доли бука. Например, при составе 6Бк3Дб1Грб-8Бк1Дб1Грб и 6Бк4Грб-9Бк1Грб участие хищников составляет, соответственно 42,5-35,9 и 87,7-80,9%.

С увеличением рекреационной нагрузки, приводящей ко II, III и IV стадиям прослеживается достоверное увеличение участия хищников, соответственно до 66,6, 76,9 и 86,5% ( $t = 1,97-2,01$ ; при  $p = 0,05-0,04$ ). При этом характерно, что на IV стадии варьирование между сообществами значительно снижается: в экосистемах с монодоминантным древостоем – 82,2-85,6%; букняках грабовых – 85,5-90,9%, букняках дубово-грабовых – 82,9-88,8%. В последних местообитаниях (с дубом) меньше проявляются отличия между сообществами с различным участием граба в древостое.

Регистрируется также возрастание участия хищников с уменьшением доли бука и, соответственно, увеличением общей численности мезопедобионтов. Так, в экосистемах с составом древостоя 9Бк1Грб, 8Бк2Грб, 7Бк3Грб и 6Бк4Грб при II-IV стадиях доля участия в среднем составляет 84,2, 86,0, 88,4 и 89,8%; в экосистемах с дубом – 8Бк1Дб1Грб, 7Бк2Дб1Грб, 6Бк3Дб1Грб – соответственно 65,1, 66,9, 70,3%.

При максимальной рекреационной нагрузке (V стадия рекреационной дигрессии) участие хищников снижается и составляет в среднем 59,0%. Меньшие значения (29,1-36,1%) характерны для экосистем с участием дуба и, большие – для монодоминантных (69,2%) и с участием граба (70,1%). Достоверная связь с общей численностью мезопедобионтов и долей хищников прослеживается только в сообществах с грабом и чистых буковых ( $r = 0,775$ ; при  $p = 0,05$ ).

Доля участия редуцентов при начальном воздействии рекреации (I стадии рекреационной дигрессии) в среднем составляет 35,3% (при варьировании 7,1-62,0%). Минимальные значения характерны для букняков грабовых (в среднем 9,4%), большие – для чистых букняков (в среднем 44,3%) и максимальные значения (52,2%) – для букняков дубово-грабовых.

В пределах типов буковых экосистем, показатель доли редуцентов при I стадии дигрессии зависит от состава древостоя и общей численности мезопедобионтов. С общей численностью они находятся в обратной зависимости. Так, в букняках дубово-грабовых при снижении общей численности от 126,8 до 109,0 экз./м<sup>2</sup> доля редуцентов возрастает с 54,3 до 62,0% (исключение составляют самшитовый и лавровишневый типы с двумя единицами граба – 6Бк2Дб2Грб – соответственно, 35,5 и 36,2%). В букняках

грабовых с уменьшением общей численности от 108,8 до 96,3 экз./м<sup>2</sup>, доля редуцентов возрастает с 7,1 до 13,2%. В экосистемах с чистым древостоем, при снижении численности педобионтов с 95,6 до 82,3 экз./м<sup>2</sup>, доля редуцентов возрастает с 40,2 до 46,7%. Доля редуцентов имеет прямую связь с долей бука в древостое, или, обратную – с содоминирующими с буком видами.

С ростом рекреационного воздействия, т.е. на II, III, IV и V стадиях рекреационной дигрессии, происходит достоверное снижение доли участия редуцентов. Она соответственно составляет 26,2, 13,7, 2,4 и 0,3% ( $t = 2,70, 3,02, 2,91$  и  $2,84$ ; при  $p = 0,01-0,001$ ). При этом, на последней стадии редуценты отмечаются во всех экосистемах с участием дуба, а в букняках грабовых только при составе древостоя 9Бк1Грб. В монодоминантных букняках виды редуцирующих организмов практически отсутствуют (составляют менее 0,05%).

Для экосистем с двумя и тремя древесными видами отмечается достоверная обратная зависимость с долей участия дуба или граба в древостое ( $r = -0,793- -0,897$ ; при  $p = 0,05$ ). Она прослеживается в букняках с участием дуба по II стадию дигрессии, а в букняках с грабом по III. Так, в букняках с участием граба при I-III стадиях и составе древостоя 9Бк1Грб, 8Бк2Грб, 7Бк3Грб и 6Бк4Грб участие редуцентов составляет, соответственно 12,2-4,7, 10,4-3,7, 8,5-2,8 и 7,5-2,4%. В букняках с участием дуба при составе древостоя 8Бк1Дб1Грб, 7Бк2Дб1Грб и 6Бк3Дб1Грб с I по II стадию соответственно составляет 59,0-48,3, 56,8-43,3 и 53,8-38,6%.

Как общие закономерности для всех трофических групп следует отметить преобладание при III стадии в букняках чистых и грабовых доли вредителей над долей редуцентов. Другими словами, здесь преобладают формы фито-ризофагов и основной поток энергии направлен по пастбищной пищевой цепи, что характерно для нарушенных лесных сообществ [15]. В экосистемах с чистым древостоем разница в среднем составляет 3,7%, при варьировании от 2,4% (букняк азалиевый) до 5,2% (папоротниковый), т.е. прослеживается прямая зависимость с общей численностью мезопедобионтов в этих экосистемах. По мере увеличения степени трансформации экосистемы формируют ряд: азалиевый (2,4%), овсяницевый (2,5%), беспокровный (2,7%), разнотравно-ежевиковый (4,0%), лавровишневый (4,3%), рододендроновый (4,6%), папоротниковый (5,2%).

В букняках грабовых разница несколько выше (в среднем 6,4%): 5,3% (рододендроновый; 6Бк4Грб), 5,5% (овсяницевый; 6Бк4Грб), 5,8% (беспокровный; 6Бк4Грб), 5,9% (разнотравно-ежевиковый; 6Бк4Грб), 6,2% (беспокровный, ясенниковый, рододендроновый; 7Бк3Грб; азалиевый; 8Бк2Грб), 6,3% (овсяницевый; 7Бк3Грб), 6,5% (ясенниковый; 9Бк1Грб), 7,0% (разнотравно-ежевиковый; 9Бк1Грб), 7,1% (азалиевый; 9Бк1Грб), 7,3% (овсяницевый; 8Бк2Грб), 7,8% (разнотравно-ежевиковый; 8Бк2Грб). Из составленного ряда следует, что при III стадии рекреационной дигрессии буковых экосистем процессы трансформации в сообществах с участием граба возрастают по мере увеличения доли бука в древостое: 6Бк4Грб, 7Бк3Грб, 8Бк2Грб, 9Бк1Грб (исключение составляет азалиевый тип; 8Бк2Грб).

При большем рекреационном воздействии (IV стадия дигрессии) преобладание вредителей над редуцентами возрастает, что можно характеризовать как еще более значительное рекреационное нарушение сообществ. В букняках монодоминантных разница возрастает в среднем на 11,2%, а в букняках грабовых – 4,5%. При этом для всех типов буковых экосистем характерна обратная связь с общей численностью мезопедобионтов, а в букняках грабовых, кроме того, прослеживается прямая зависимость с долей участия бука в древостое (или, обратная с долей граба). Например, в экосистемах с составом древостоя 6Бк4Грб, 7Бк3Грб, 8Бк2Грб и 9Бк1Грб эта разница составляет, соответственно 9,0, 10,2, 12,1 и 13,0%.

В экосистемах с дубом на данной стадии также основной поток энергии направлен по пастбищной пищевой цепи. Исключение составляют только самшитовые сообщества, в древостое которых одна единица граба (6Бк3Дб1Грб, 7Бк2Дб1Грб, 8Бк1Дб1Грб). В других экосистемах разница между редуцентами и вредителями

составляет: 0,7-1,2% – лавровишневый тип с составом древостоя 6-8Бк1-2Дб1-2Грб; 1,8% – папоротниковый, 6Бк3Дб1Грб; 3,1% –самшитовый, 6Бк2Дб2Грб; 3,8% – папоротниковый, 8Бк1Дб1Грб. На последующей (V) стадии дигрессии эта разница значительно возрастает, составляя от 44,6-44,9% (лавровишневый, самшитовый; 8Бк1Дб1Грб) до 69,7% (папоротниковый; 6Бк3Дб1Грб). Усреднив полученные значения при V стадии по типам буковых экосистем, получим: в лавровишневом – 57,5%, самшитовом – 59,7%, папоротниковом – 66,8%.

В букняках грабовых при V стадии, по мере усиления трансформации, формируется ряд: 24,4% – рододендроновый (6Бк4Грб); 26,1% – беспокровный (6Бк4Грб); 26,5% – азалиевый (6Бк4Грб); 26,6% – разнотравно-ежевиковый (6Бк4Грб); 26,7% – рододендроновый (7Бк3Грб); 27,8% – овсяницевоый (7Бк3Грб); 28,2% – ясменивый (7Бк3Грб); 29,2% – беспокровный (7Бк3Грб); 30,9% – азалиевый (8Бк2Грб); 31,6 и 33,6% – разнотравно-ежевиковый (8Бк2Грб и 9Бк1Грб); 33,9% – овсяницевоый (8Бк2Грб); 34,2% – азалиевый (9Бк1Грб); 35,6% – ясменивый (9Бк1Грб). В букняках чистых (10Бк) формируется следующий ряд: папоротниковый (28,2%), рододендроновый (28,8%), лавровишневый (29,1%), азалиевый (29,4%), беспокровный (32,1%), разнотравно-ежевиковый (32,8%), овсяницевоый (34,9%).

### Выводы:

1. С III стадии рекреационной дигрессии в букняках монодоминантных и грабовых доля вредителей преобладает над долей редуцентов, что характерно для трансформированных лесных экосистем. При IV стадии менее нарушенными являются букняки дубово-грабово-самшитовые, в составе древостоя которых присутствует одна единица граба. При V стадии к нарушенным относятся все буковые экосистемы.

2. По мере возрастания величины трансформации типы экосистем в букняках монодоминантных при III стадии рекреационной дигрессии формируется ряд: азалиевый, овсяницевоый, беспокровный, разнотравно-ежевиковый, лавровишневый, рододендроновый, папоротниковый; при IV стадии: папоротниковый, разнотравно-ежевиковый, лавровишневый, азалиевый, беспокровный, рододендроновый, овсяницевоый; при V стадии: папоротниковый, рододендроновый, лавровишневый, азалиевый, беспокровный, разнотравно-ежевиковый, овсяницевоый. В букняках дубово-грабовых при IV-V стадиях: лавровишневый, самшитовый, папоротниковый. В букняках грабовых при III-V стадиях формируется ряд усиления трансформации по мере уменьшения доли граба (или, увеличении доли бука) в древостое.

### Литература

1. *Гиляров М.С.* Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 276 с.
2. *Зиновьева Л.А.* Почвенная фауна в различных типах леса Белорусского Полесья. // Зоологический журнал, 1955. № 5 (734). С. 965-971.
3. *Ивонин В.М., Пиньковский М.Д., Егшин А.В.* Реабилитация лесных экосистем, нарушенных в ходе строительства объектов Олимпиады-2014. Сочи, 2012. 250 с.
4. *Кудряшова И.В.* Численность и биомасса (весовая и энергетическая оценка) почвообитающих беспозвоночных в широколиственном лесу // Журнал общей биологии, 1973. № 3 (34). С. 417-422.
5. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. Москва: Изд-во стандартов, 1995. 14 с.
6. *Перель Т.С.* Комплексы почвенных беспозвоночных в сложных сосняках различных типов // Pedobiologia. 1962. Bd 1. N. 3(4). S. 174-180.
7. *Рокицкий П.Ф.* Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1964. 328 с.
8. *Чернов Ю.И.* Основные синэкологические характеристики почвенных беспозвоночных и методы их анализа // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 160-174.
9. *Щербина В.Г.* Оценка рекреационного повреждения почвенного покрова // Экологический Вестник Северного Кавказа, 2007. Т. 3. № 4. С. 37-41.
10. *Щербина В.Г.* Динамика функциональных системных показателей в экосистемах сочинского побережья // Системы контроля окружающей среды, 2017. № 8 (28). С. 101-109.

11. *Щербина В.Г., Белюченко И.С.* Мониторинг окружающей среды: методологические основы: учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Сочи: изд-во ИЭиВС, 2006. 356 с.
12. *Щербина В.Г., Белюченко И.С.* Динамика упорядоченности экосистем сочинского побережья в хоне реализации олимпийского проекта // Экологический Вестник Северного Кавказа, 2017. Т. 13. № 3. С. 47-54.
13. *Щербина В.Г., Щербина Ю.Г.* Рекреационные ресурсы Северного Кавказа. Часть I. Буковые экосистемы: учеб. пособие. Кривой Рог: Минерал, 2006. 500 с.
14. *Щербина Ю.Г., Щербина В.Г., Волков А.Н.* Биохорный эндоэкогенез природно-территориального комплекса. Кривой Рог: Видавничий дім, 2012. 264 с.
15. *Striganova B.R.* Veränderung der trophischen Struktur der tiergemeinschaften in Waldboden bei der Stoning der Pflanzendecke // Bioindikation. Wiss. Beitrage der Martin-Luther Univ. Halle. 1980. H. 28. S. 3-4.