



УДК 630\*114.6:630\*22

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.5.9

## **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ, ТРОФИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ И ПЛОТНОСТЬ МЕЗОФАУНЫ**

*К.В. Дорохов, асп.*

*В.П. Шелуха, д-р с.-х. наук, проф.*

*Г.А. Кистерный, канд. с.-х. наук, доц.*

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, просп. Станке Димитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: dorokhovkirill@mail.ru

Анализ показателей комплексов почвенной мезофауны сосняков европейской части России представляет существенный интерес и имеет важное значение ввиду недостаточной изученности реакции мезофауны на различные виды и интенсивность антропогенных воздействий. Стандартными почвенно-зоологическими методами оценивали влияние пожаров, лесохозяйственной деятельности и рекреационного использования лесов (круглогодичной прогулочной активности на доступных и привлекательных участках леса) на параметры функционально-биоценологических комплексов почвенной мезофауны в условиях однородности лесоводственно-таксационных показателей насаждений. Для европейской подзоны широколиственных лесов установлена наибольшая степень снижения общей плотности поселения эпигео- и геобионтной мезофауны в результате сильных устойчивых низовых пожаров. Отмечена связь уменьшения общей плотности поселения с видом и интенсивностью рубок леса, стадией рекреационной дигрессии, определена степень снижения количества систематических групп мезофауны при влиянии как отдельного вида антропогенного воздействия, так и их комплекса. Уменьшается количество систематических групп мезофауны в результате всех изученных воздействий, особенно при воздействии низового пожара и последующей сплошной рубки древостоя. Проведена аналогия с выводами отечественных исследователей и результатами изучения проблемы за рубежом. В градиенте воздействий изучены тенденции изменения структуры трофических классов. Выявлено, что активные участники деструкции опада – сапрофаги – снижают участие в комплексе почвенной мезофауны при всех видах антропогенного воздействия. Сокращается плотность поселения большинства систематических групп мезофауны, выявлены изменения плотности основных групп в каждом трофическом классе, проведена оценка видового состава мезофауны. В отличие от пожаров и рубок леса, рекреация увеличивает  $\alpha$ -разнообразие. Результаты исследований можно использовать в экологическом мониторинге и при планировании лесохозяйственных мероприятий.

*Ключевые слова:* почвенная мезофауна, плотность поселения, трофическая структура, видовое разнообразие, рубки леса, лесные пожары, рекреация.

*Введение*

В настоящее время природные элементы и комплексы становятся непосредственным объектом воздействия факторов антропогенной природы. Хозяйственная деятельность человека в лесу (рубки леса), нарушения правил санитарной безопасности, влекущие возникновение пожаров, и рекреационные нагрузки – одни из основных направлений воздействия человека на лесные биогеоценозы.

Устойчивость и стабильность лесных экосистем обеспечивается за счет сбалансированных процессов биогеохимических круговоротов веществ. Интенсивность обменных процессов между растительностью и почвой, а также эффективность процессов деструкции напрямую зависят от численности, видовой и функциональной структуры почвенной мезофауны, которая, как важнейшее звено в организации круговорота питательных элементов и деструкции опада, реагирует на изменения фитоценоза на ранних этапах процесса, в связи с чем признается важным индикатором изменения окружающей среды под влиянием антропогенных факторов [2, 8–10].

Среди мезофауны наибольшее значение в почве имеют люмбрициды, хилоподы и насекомые.

Цель исследования – оценка вариации плотности поселения, трофической структуры и видового разнообразия почвенной мезофауны в сосняках в связи с воздействием рубок леса различной интенсивности, рекреационного использования лесов в пределах допустимых нагрузок, а также динамики восстановления мезофауны после устойчивых низовых пожаров разной интенсивности.

*Объекты и методика исследования*

Применялись апробированные стандартные методы лесопатологических обследований насаждений и почвенно-зоологических учетов [5, 7]. Площадки для учета почвенной мезофауны в подкroновом пространстве закладывали в количестве 12...15 шт. на каждую пробную площадь (ПП), располагая их по диагоналям размерных площадей или на ленте безразмерных, на равном удалении друг от друга. Применяли метод ручной разборки почвенных проб. Площадь почвенной пробы принимали равной 0,25 м<sup>2</sup> [7]. Использовали ординацию по градиентам антропогенного воздействия.

Полученные результаты анализировали по функционально-трофическим классам почвенной мезофауны. Всех учетных эпигеобионтных и геобионтных беспозвоночных по характеру питания разделяли на фитофагов (личинки долгоносиков, щелкунов, хрущей, пилильщиков, совок), зоофагов (губоногие многоножки, имаго и личинки жуужелиц (кроме р. Amara) и стафилинов, муравьи, личинки двукрылых (кроме сем. Tipulidae и сем. Bibionidae)) и сапрофагов (виды подстилочных и земляных червей, кивсяки, тараканы). Общее количество беспозвоночных, учетных на 541 почвенной пробе, составляло 6085.

Сравнительная оценка видового разнообразия основана на индексах разнообразия (индексы Симпсона и Шеннона–Уивера). Выравненность определяли с использованием отношения (индекса) Хилла.

Базовое определение стадии рекреационной дигрессии проведено трансектным методом [6], уточнение стадии рекреационной дигрессии – с использованием существующей шкалы [4].

Исследования проведены в европейской подзоне широколиственных лесов. Объекты расположены в опытном отделе Государственного казенного учреждения (ГКУ) Брянской области (Учебно-опытное лесничество), в Думиничском и Каменском участковых лесничествах ГКУ Калужской области (Думиничское и Козельское участковые лесничества соответственно). Работы выполнены в течение 3 лет в летне-осенний период (июнь–сентябрь) в сосняках естественного и искусственного происхождения на свежих песчаных среднеподзолистых почвах на флювиогляциальных песках. При изучении влияния каждого антропогенного фактора соблюдено условие однообразия экотопов. Восстановление состава и трофической структуры почвенной мезофауны после пожаров на ПП (в том числе контрольных) исследовано преимущественно в брусничных борах III–V классов возраста при полноте 0,5...0,9, влияние рубок – в брусничных субориях V класса возраста при полноте 0,6...0,7, влияние рекреации – в субориях зеленомошной группы типов леса III–V классов возраста при полноте 0,7...0,9.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Лесные пожары рассматриваются как мощный антропогенный (в большинстве случаев) фактор, влияющий на динамику и структуру почвенно-зоологических сообществ. Изменения в комплексе эпигео- и геобионтной мезофауны, происходящие после пожаров, в значительной степени зависят от интенсивности пожара [3], восстановительная сукцессия происходит по мере возобновления растительности [11].

После пожаров средней интенсивности нами отмечено снижение общей плотности мезофауны в сравнении с показателями на контроле (56,1 экз./м<sup>2</sup>) в 1,2 раза, после сильных пожаров – в 1,8 раза. В зависимости от давности пройденного пожара плотность изменяется от 17,4 экз./м<sup>2</sup> (в 3,2 раза меньше контроля) при 2-летней давности до 47,7 экз./м<sup>2</sup> при 5-летней (табл. 1). Спустя 4 года после пожара плотность составляет 0,96 от контроля (53,8 экз./м<sup>2</sup>), т. е. через 4 года плотность поселения мезофауны восстанавливается до пред-пожарного состояния. Вариация плотности мезофауны максимальна для всех ее групп после устойчивого низового пожара 5-летней давности, что связываем с низкой плотностью заселения почв.

Рубки леса, как фактор динамики лесных сообществ, сопровождаются трансформациями компонентов экосистемы и нарушениями их функциональной активности, изменением экологических условий и жизненного цикла почвенной биоты. После выборочных рубок интенсивностью 15...20 % плотность мезофауны составляет 19,6 экз./м<sup>2</sup>, на контроле – 61,4 экз./м<sup>2</sup>.

Таблица 1

## Данные учета трофических классов мезофауны

Фактор антропогенного воздействия	№ ГПП	Количество площадок, шт.	Плотность функционально-трофических классов мезофауны, экз./м <sup>2</sup>															
			Зоофаги				Фитофаги				Сапрофаги							
			М±m		%		М±m		%		М±m		%					
			С	Р	С	Р	С	Р	С	Р								
Устойчивый низовой пожар давностью, лет:																		
2	4, 5, 9	40	13,2±3,25	42,5	24,6	3,6±1,68	79,07	45,6	0,4±0,32	116,9	67,5							
3	5, 6, 19, 21, 25, 28	69	25,4±5,02	44,2	19,8	8,2±2,88	78,20	35,0	2,9±2,05	155,9	69,7							
4	7, 26, 27	41	32,0±6,98	37,7	21,8	14,5±5,34	63,60	36,7	7,2±2,11	50,80	29,3							
5	22	13	35,0±10,15	104,4	29,0	7,0±6,82	347,35	96,3	5,5±3,41	222,3	61,6							
Контроль	2, 8, 10, 0,23,24	78	32,7±4,21	31,5	12,8	14,3±8,05	137,90	56,3	8,9±2,08	56,9	23,2							
Рубки леса:																		
добробольно-выборочные (15...20%) сплошные (санитарные и спелых насаждений)	11, 13, 15	44	8,3±1,12	23,2	13,4	10,4±2,11	35,01	20,2	0,8±0,40	86,6	50,0							
Контроль	1, 17, 19	42	19,9±3,80	33,1	19,1	6,0±4,44	128,49	74,2	2,6±0,69	45,9	26,5							
	12, 14, 16, 18	58	35,9±9,18	51,0	25,5	19,9±3,78	37,87	18,9	5,4±1,99	73,2	36,6							
Стадия рекреационной дигрессии:																		
I	32, 33, 36, 38	52	40,2±10,93	54,3	27,1	15,1±2,28	30,2	15,1	7,7±0,89	23,0	11,5							
II	30, 31, 34, 39	52	40,3±10,26	50,9	25,5	12,7±2,15	33,8	16,9	6,2±1,05	34,1	17,0							
III	29, 35, 37, 40	52	29,1±6,56	45,1	22,5	7,9±1,04	26,1	13,1	2,8±2,85	45,6	22,8							

Примечание: М±m – средняя с ошибкой; С – вариация; Р – точность опыта определения средней.

Сплошные рубки леса, наряду с лесными пожарами, являются одним из важнейших антропогенных факторов динамики лесных сообществ.

Плотность поселения трофических классов зоо- и фитофагов в результате проведения сплошной рубки на участках, пройденных пожарами, меньше, чем на не поврежденном огнем участке с проведенной сплошной рубкой (рис. 1).

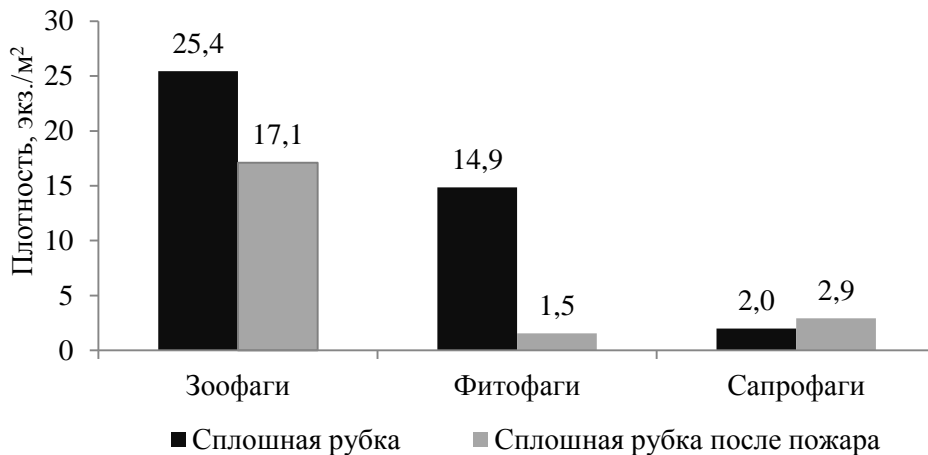


Рис. 1. Зависимость плотности трофических классов мезофауны от условий на участке до рубки леса

После сплошной рубки общая плотность почвенной мезофауны в 1,5 раза ниже контроля (42,3 экз./м<sup>2</sup>) и более чем в 2 раза превышает ее плотность после выборочных рубок интенсивностью 15...20 % (19,6 экз./м<sup>2</sup>). На участках, пройденных пожарами с последующим проведением сплошных рубок, общая плотность почвенной мезофауны составляет 21,6 экз./м<sup>2</sup>, что подтверждает данные В.П. Бессчетнова [1]. Наши данные также подтверждают тенденции, отмеченные ранее при изучении вырубок и пожарищ в сосняках Швеции [12].

Рекреационная деятельность человека непосредственно и косвенно влияет на динамику эпигео- и геобионтной мезофауны.

В условиях I стадии рекреационной дигрессии общая плотность мезофауны (63,1 экз./м<sup>2</sup>) соответствует условиям контроля, при II стадии дигрессии она изменяется незначительно (59,2 экз./м<sup>2</sup>), при III стадии отмечено значительное снижение общей плотности мезофауны почв (39,9 экз./м<sup>2</sup>), которое количественно соответствует периоду восстановления плотности в условиях послепожарной сукцессии на 3-й год.

Функционирование лесного биогеоценоза зависит от соотношения скоростей накопления первичной продукции и ее разложения. Соотношение между трофическими классами мезофауны определяет темпы и характер процессов деструкции при влиянии различных антропогенных факторов. На рис. 2 изображены показатели плотности трофических классов в комплексе мезофауны.

В результате различных антропогенных воздействий комплекс первичных разрушителей (сапрофагов) сокращает плотность поселения и долю в трофической структуре. Наибольшее уменьшение вызывают рубки и сильные пожары. При рекреационном использовании лесов показатели функционально-трофического класса сапрофагов уменьшаются с ростом рекреационной нагрузки. Сильные устойчивые низовые пожары снижают плотность сапрофагов почти в 4 раза, пожары средней интенсивности – в 1,5 раза.

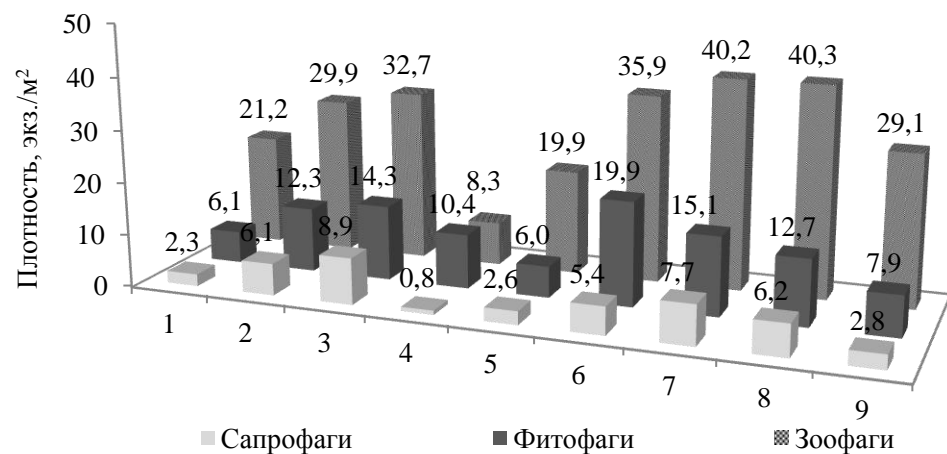


Рис. 2. Плотность трофических классов мезофауны в зависимости от вида антропогенного воздействия: 1 – устойчивый низовой пожар средней интенсивности; 2 – устойчивый низовой сильный пожар; 3 – контроль 1; 4 – выборочная рубка; 5 – сплошная рубка; 6 – контроль 2; 7 – I стадия дигрессии; 8 – II стадия дигрессии; 9 – III стадия дигрессии

Антропогенные воздействия также снижают общую плотность поселения трофического класса фитофагов. Их плотность особенно значительно уменьшается после сплошных рубок и сильных низовых пожаров (в 3,3 и 2,3 раза соответственно). Выборочные рубки леса – единственный вид антропогенного воздействия, при котором отмечено преобладание класса фитофагов в трофической структуре мезофауны.

Основной результат воздействия антропогенных факторов на комплекс зоофагов проявляется в снижении их плотности. Сплошные рубки снижают общую плотность зоофагов в 1,8 раза, выборочные – сильнее (в 4,3 раза). При пожарах и рекреационных нагрузках увеличивается их доля в комплексе мезофауны. При I и II стадиях дигрессии зафиксирована наибольшая плотность класса зоофагов.

Для фито- и сапрофагов характерна зависимость степени уменьшения плотности поселения от нарастания рекреационных нагрузок и интенсивности пожаров.

Все виды антропогенного воздействия снижают количество систематических групп мезофауны. Наиболее мощным фактором сокращения систематического разнообразия является комплексное воздействие лесного пожара и сплошной рубки (отмечено минимальное количество групп – 9-10 из 15 представленных на контрольных ПП).

Для характеристики видовой структуры мезофауны ПП использовали индекс видового ( $\alpha$ -) разнообразия Симпсона и индекс разнообразия Шеннона–Уивера. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Видовое разнообразие и выравненность  
в исследованных комплексах мезофауны**

Показатель	Фактор антропогенного воздействия								
	Пожар давностью, лет			Контрольные ПП	Рубка		Стадия рекреационной дигрессии		
	3	4	5		добровольно-выборочная интенсивностью 15...20 %	сплошная	I	II	III
Индекс:									
Симпсона	8,8	11,8	10,1	11,0	7,7	7,3	15,7	15,1	16,7
Шеннона–Уивера	2,5	2,8	2,7	2,7	2,3	2,4	3,1	3,1	2,4
Хилла	1,8	1,9	1,6	1,7	1,8	1,6	1,9	1,8	4,3
Количество видов	20	27	25	28	16	23	38	32	25

На гарях давностью 3 года происходит уменьшение видового разнообразия по сравнению с контролем. После сплошных и выборочных рубок интенсивностью 15...20 % зафиксированы наименьшие индексы видового разнообразия. Влияние рекреации отражается на увеличении видового разнообразия почвенной мезофауны, что приводит к изменению и росту разнообразия экологических условий при массовом отдыхе в лесонасаждениях и увеличению мозаичности биогеоценоза.

Видовое разнообразие контроля может достигаться в послепожарных условиях через 4–5 лет (табл. 2). Проведение различных рубок способствует наибольшему уменьшению  $\alpha$ -разнообразия среди исследованных условий. Наивысший индекс  $\alpha$ -разнообразия Симпсона отмечается при III стадии рекреационной дигрессии.

Расчет равномерности распределения видов по их обилию в сообществе (выравненности) показал, что в условиях контроля за счет наличия видов-доминантов с высоким обилием выравнивание оказалось меньше (1,7), чем на пожарищах 3- и 4-летней давности (1,8 и 1,9 соответственно), где обилие относительно равномерно распределено между несколькими видами. Проведение выборочных рубок и рекреационное воздействие также способствовали увеличению выравнивания по сравнению с контролем.

Воздействие антропогенных факторов по-разному влияет на динамику плотности отдельных систематических групп мезофауны. Основным эффектом проявляется в снижении плотности большинства групп (табл. 3).

Таблица 3

**Плотность отдельных групп мезофауны  
в зависимости от вида антропогенного воздействия**

Группа мезофауны	Контроль 1	Устойчивый низовой пожар		Контроль 2	Рубка		Стадия рекреационной дигрессии		
		средней интенсивности	сильный		выборочная	сплошная	I	II	III
Губоногие многоножки	7,9	9,6	6,2	9,6	0,7	0,5	12,1	8,9	4,8
Кивсяки	0,2	0,4	0,1	0,1	0,0	0,1	3,7	1,9	0,2
Черви:									
подстилочные	1,6	0,7	0,6	0,8	0,4	0,0	0,5	0,8	0,3
земляные	2,5	1,0	0,5	1,5	0,1	0,3	1,0	1,3	2,1
Пауки	9,2	5,5	5,3	9,2	1,6	4,8	9,9	9,3	6,2
Тараканы	4,7	4,1	1,2	3,1	0,5	2,2	2,5	2,1	0,3
Жужелицы	4,4	2,3	2,2	3,2	0,6	5,0	2,1	2,7	3,4
Хрущи	0,9	0,6	0,8	1,1	0,6	0,2	2,1	2,4	0,7
Долгоносики	1,1	0,6	0,6	5,3	2,7	0,6	0,7	0,7	1,1
Щелкуны	10,1	9,3	4,2	10,2	6,6	4,7	10,9	8,0	3,3
Двукрылые	3,6	3,2	2,2	2,7	2,4	1,4	2,3	2,7	5,3
Пилильщики	1,5	1,6	0,9	3,3	0,6	0,3	1,0	1,6	2,7
Совки	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,4	0,0	0,1
Муравьи	4,5	8,0	4,7	6,3	2,0	6,7	10,8	13,8	8,0
Стафилины	3,5	1,5	1,9	5,0	1,0	1,5	3,1	2,9	1,5

Однако после пожаров средней интенсивности увеличиваются плотность поселения и встречаемость хрущей, тараканов, муравьев и губоногих многоножек. После сильных пожаров плотность хрущей не изменяется по сравнению



с контролем, муравьев – возрастает. При воздействии рубок леса плотность поселения большинства групп мезофауны уменьшается. После выборочных рубок данная тенденция характерна для всего комплекса, однако после сплошных рубок отмечено увеличение в 1,6 раза встречаемости муравьев, в 1,3 раза – шелкунов, а также незначительный рост плотности кивсяков и совок (табл. 3).

Увеличение плотности поселения наибольшего количества групп мезофауны характерно для условий перехода от слабой стадии рекреационной дигрессии к предельно допустимой нагрузке. Среди вредителей леса возрастает плотность поселения долгоносиков (в 1,7 раза) и пилильчиков (в 2,7 раза).

Таким образом, для каждого антропогенного воздействия отмечена своеобразная динамика таксономических групп мезофауны.

Щелкуны (личинки) – наиболее часто встречающееся семейство насекомых в песчаных почвах на всех ПП. На общую плотность семейства щелкунов низовые пожары влияют в зависимости от интенсивности: в результате сильных пожаров их плотность уменьшается в 2,4 раза, пожаров средней интенсивности – в 1,1 раза (табл. 3). Сплошная рубка, проведенная после пожара, влечет уменьшение плотности щелкунов в 16,7 раза по сравнению с контролем. Рекреационные воздействия снижают их плотность в 1,4–3,3 раза.

Пожары прошлых лет в местах проведения рубок леса способствуют некоторому увеличению плотности люмбрицид в сравнении с участками, не подвергшимися пожару перед рубкой леса. Воздействие сильных устойчивых низовых пожаров сравнимо по степени влияния на комплекс олигохет с проведением выборочных рубок: происходит более чем 4-кратное уменьшение их плотности по сравнению с контролем.

Увеличивающаяся рекреационная дигрессия насаждения сопровождается ростом встречаемости и плотности червей в комплексе мезофауны (табл. 3). При переходе от I к III стадии их плотность ( $1,5 \text{ экз./м}^2$ ) и доля (2,4 % от общей плотности мезофауны) увеличиваются до  $2,4 \text{ экз./м}^2$  и 5,9 %.

В результате проведения рубок, а также после низовых устойчивых пожаров различной интенсивности доля двукрылых в сообществе мезофауны отмечается не ниже показателей контроля. При этом общая плотность личинок двукрылых с увеличением интенсивности рубки уменьшается в 1,1...1,6 раза, с увеличением интенсивности пожара возрастает в 1,2...1,6 раза, но при усилении рекреации увеличивается в 2,3 раза (табл. 3).

В результате пожаров различной интенсивности не зафиксировано снижения плотности хрущей, после выборочных рубок их плотность уменьшилась с  $1,1 \text{ экз./м}^2$  вдвое, после сплошных – изменения не отмечены. Рекреационные нагрузки мало влияют на плотность хрущей, но отмечена тенденция ее снижения при уничтожении подроста.

Для жужелиц характерно уменьшение плотности в 1,6–1,7 раза в связи с воздействием низовых пожаров, в 1,3 раза – после сплошных рубок древостоя, в 5,9 раза – после выборочной рубки. Комплексное воздействие пожара и после-

дующей сплошной рубки увеличивает плотность жуужелиц в 1,6 раза. Видовое разнообразие жуужелиц после пожаров не меньше, чем на контроле, так же как и при воздействии рекреации.

Комплекс стафилинов отреагировал на пожары различной интенсивности снижением плотности в 2,1 раза. Вследствие рубок леса это снижение было тем заметнее, чем выше интенсивность рубок (в 1,6–5 раза). При усилении рекреации плотность поселения стафилинов снизилась в 1,1–2,1 раза.

Все рассмотренные антропогенные факторы уменьшают количество видов стафилинов по сравнению с контролем, за исключением II стадии рекреационного воздействия, где отмечено их незначительное увеличение.

#### *Выводы*

1. Все изученные виды антропогенных воздействий приводят к снижению плотности поселения большинства систематических групп мезофауны, уменьшению их количества и сокращению доли в трофической структуре мезофауны (особенно при низовых устойчивых пожарах и рубках леса) наиболее значимой для деструкции опада группы – сапрофагов.

2. Наиболее мощный фактор снижения видового разнообразия мезофауны почв – комплексное воздействие низового пожара и последующей сплошной санитарной рубки – приводит к исчезновению до пяти таксономических групп. Наибольшее снижение  $\alpha$ -разнообразия почвенной мезофауны происходит после рубок леса, максимальное уменьшение общей плотности – после устойчивых низовых пожаров. Видовое разнообразие достигает уровня контроля в послепожарных условиях через 4–5 лет.

3. При усилении рекреационного воздействия на леса (I–III стадии) отмечаются увеличение  $\alpha$ -разнообразия почвенной мезофауны и возрастание плотности наибольшего количества систематических групп.

4. После рубок леса общая плотность мезофауны ниже контроля в 1,5–3,1 раза в зависимости от вида рубок. После сплошных рубок увеличивается плотность поселения отдельных таксономических групп (муравьев, щелкунов, кивсяков и совков).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Быченкова Т.Н., Клишина Л.И., Храмова О.Ю., Коришанова Е.Н., Печникова Н.Д. Особенности формирования почвенной энтомофауны после пожаров на территории Керженского заповедника // Лесное хозяйство–2013. Актуальные проблемы и пути их решения: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Н. Новгород: НГСХА, 2014. С. 93–105.

2. Гиляров М.С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М., 1982. С. 8–11.

3. Дорохов К.В., Шелуха В.П. Влияние антропогенных воздействий на динамику трофической структуры и плотности мезофауны // Вестн. Моск. гос. ун-та леса–Лесн. вестн. 2014. Т. 18, вып. 4. С. 103–111.

4. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
5. ОСТ 56-100–95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы / Всерос. НИИ лесоводства и механизации лесн. хоз-ва. Введ. 09.01.95. Режим доступа: <http://jurbase.ru/texts/sector154/tez54810.htm> (Дата обращения – 25.12.2011).
6. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных: учеб. пособие для ун-тов. М.: Высш. шк., 1971. 424 с.
7. Контроль и управление за состоянием окружающей среды: метод. указания к лаб. занятиям для студентов лесохоз. факультета специальности: лесн. хоз-во, сад.-парк. и ландшафт. стр-во / Сост. В.П. Шелухо, А.М. Бердов. Брянск, 2010. 42 с.
8. Beaudry S., Duchesne L.C., Cote B. Short-term effects of three forestry practices on carabid assemblages in a jack pine forest // *Canad. J. of Forestry Research*. 1997. Vol. 27(12). P. 2065–2071.
9. Malmström A. Effects of wildfire and prescribed burning on soil fauna in boreal coniferous forests: doctoral thesis. Uppsalla: Swedish University of Agricultural Sciences, 2006. 35 p.
10. Muona J., Rutanen I. The short-term impact of fire on the beetle fauna in boreal coniferous forest // *Annales Zoologici Fennici*. 1994. Vol. 1, N 31. P. 109–121.
11. Smith J. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna / J. Smith ed. // Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 of the U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Ogden, 2000. Vol. 1. 83 p.
12. Wikars L., Schimmel J. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests // *Forest Ecology and Management*. 2001. Vol. 141(3). P. 189–200.

Поступила 07.09.15

УДК 630\*114.6:630\*22

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.5.9

### **Comparative Influence of Anthropogenic Factors on the Composition, Trophic Structure and Density of Mesofauna**

*K.V. Dorokhov, Postgraduate Student*

*V.P. Shelukho, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

*G.A. Kisternyy, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*

Bryansk State Engineering Technological Academy, S. Dimitrov ave., 3, Bryansk, 241037, Russian Federation; e-mail: dorokhovkirill@mail.ru, sheluhovp@rambler.ru, kisterniy@mail.ru

The study of indicators of soil mesofauna complexes of pine forests in the European part of Russia is of great interest and important in view of the insufficient knowledge of the mesofauna reaction on different types and intensity of human impact. We evaluated the influence of fires, forestry activity and recreational using of forests (year-round walking activity in the accessible and attractive forest areas) on the parameters of the functional and bio-coenotic complexes of soil mesofauna by the standard soil and zoological methods in conditions of homogeneity of silvicultural and taxation indicators of plantations. We established

the highest degree of decrease in the total settlement density of epigeo- and geobiont mesofauna for the European subzone of broad-leaved forests as a result of the strong stable surface fires. The reduction of total settlement density and a form, intensity of wood logging, stage of recreational degradation are interconnected. The degree of reduction in the number of systematic groups of mesofauna under the influence of a single type or combined types of human impact is determined. The number of systematic groups of mesofauna decreases as a result of all the studied effects, especially under the influence of ground fires and subsequent clear felling. The analogy in the conclusions of native researchers and the results of the study of the problems abroad is demonstrated. We studied the trends in the structure changes of trophic classes in the gradient of impacts. The active participants of the litter degradation – saprophages – reduce the participation in the complex of soil mesofauna under all types of human impact. A settlement density of most mesofauna taxonomic groups is reducing; the changes in the density of major groups in each trophic class are revealed; the mesofauna species composition is evaluated. Unlike fires and logging, the recreation increases  $\alpha$ -diversity. The research results can be used in an environmental monitoring and planning of forest management activities.

*Keywords:* soil mesofauna, settlement density, trophic structure, species diversity, wood logging, forest fires, recreation.

#### REFERENCES

1. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Bychenkova T.N., Klishina L.I., Khramova O.Yu., Korshunova E.N., Pechnikova N.D. Osobennosti formirovaniya pochvennoy entomofauny posle pozharov na territorii Kerzhenskogo zapovednika [Peculiarities of Formation of Soil Entomofauna after Fires on the Territory of the Kerzhensky Reserve]. *Lesnoe khozyaystvo–2013. Aktual'nye problemy i puti ikh resheniya: sb. st. mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Collection of Articles of the Intern. Sci. Practic. Conf. “Forestry – 2013. Actual Problems and Their Solutions”]. Nizhny Novgorod, 2014, pp. 93–105.
2. Gilyarov M.S. Pochvennye bespozvonochnye kak indikatory pochvennogo rezhima i ego izmeneniy pod vliyaniem antropogennykh faktorov [Soil Invertebrates as the Soil Regime Indicators and Its Changes under the Influence of Anthropogenic Factors]. *Bioindikatsiya sostoyaniya okruzhayushchey sredy Moskvy i Podmoskov'ya* [Bioindication of the Environmental Conditions of Moscow and Moscow Region]. Moscow, 1982, pp. 8–11.
3. Dorokhov K.V., Shelukho V.P. Vliyanie antropogennykh vozdeystviy na dinamiku troficheskoy struktury i plotnosti mezofauny [Influence of the Anthropogenic Impacts on the Dynamics of Trophic Structure and Density of Mesofauna]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy Vestnik], 2014, vol. 18, no. 4, pp. 103–111.
4. Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S. *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vrediteley i bolezney* [Methods of Forest Pathology Examination of Foci of Stem Pests and Diseases]. Moscow, 1984. 152 p.
5. OST 56-100–95. *Metody i edinitsy izmereniya rekreatsionnykh nagruzok na lesnye prirodnye komplekсы* [Industry Standard 56-100–95. Methods and Units of Recreational Pressure on Natural Forest Complexes]. Available at: <http://jurbase.ru/texts/sector154/tez54810.htm> (accessed 25.12.2011).

6. Fasulati K.K. *Polevoe izuchenie nazemnykh bespozvonochnykh* [Field Study of Terrestrial Invertebrates]. Moscow, 1971. 424 p.
7. Shelukho V.P., Berdov A.M. *Kontrol' i upravlenie za sostoyaniem okruzhayushchey sredy* [Control and Management of the Environment]. Bryansk, 2010. 42 p.
8. Beaudry S., Duchesne L.C., Cote B. Short-Term Effects of Three Forestry Practices on Carabid Assemblages in a Jack Pine Forest. *Can. J. Forest. Res.*, 1997, vol. 27(12), pp. 2065–2071.
9. Malmström A. *Effects of Wildfire and Prescribed Burning on Soil Fauna in Boreal Coniferous Forests*. Uppsalla, 2006. 35 p.
10. Muona J., Rutanen I. The Short-Term Impact of Fire on the Beetle Fauna in Boreal Coniferous Forest. *Annales Zoologici Fennici.*, 1994, vol. 1, no. 31, pp. 109–121.
11. Smith J. Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Fauna. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 of the U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station*. Ogden, 2000, vol. 1. 83 p.
12. Wikars L., Schimmel J. Immediate Effects of Fire-Severity on Soil Invertebrates in Cut and Uncut Pine Forests. *Forest Ecology and Management*, 2001, vol. 141(3), pp. 189–200.

Received on September 07, 2015

---