

УДК 630*114.6 : 630*22

ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И ПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ И РУБОК ЛЕСА

К. В. Дорохов, В. П. Шелухо

Брянская государственная инженерно-технологическая академия,
Российская Федерация, 241050, Брянск, проспект Ленина, 26
E-mail: dorokhovkirill@mail.ru

Изучено влияние устойчивых низовых пожаров различной давности и интенсивности, а также рубок леса различной интенсивности на компоненты лесного биогеоценоза в лесном фонде Калужской области. Произведён анализ видового состава и трофической структуры комплексов почвенной мезофауны, установлены её изменения в связи со степенью и направленностью воздействия изучаемых факторов. Рекомендованы виды-индикаторы степени изменения лесных сообществ антропогенными воздействиями.

Ключевые слова: видовое разнообразие; почвенная мезофауна; живой напочвенный покров; антропогенное воздействие; рубки леса; лесные пожары.

Введение. Биологическое разнообразие является ключевым элементом, определяющим устойчивость и равновесие природных систем. Изменения экосистем человечеством за последние полвека прошли быстрее и более широкомасштабно, чем в любой другой сравнимый отрезок времени, что привело к значительному снижению биоразнообразия на нашей планете [1].

Высокие антропогенные нагрузки привели к значительным изменениям среды обитания многих видов биоты. Почвенная мезофауна, являясь важным компонентом организации круговорота веществ в лесных экосистемах, также испытывает значительные изменения в процессе антропогенной деятельности, чаще снижая эффективность своего участия в трансформации вещества и энергии. Снижение биоразнообразия, эффективности функционирования почвенной биоты ведёт к снижению продуктивности и устойчивости лесных сообществ.

Изучалась фауна и экологическая структура почвенной и напочвенной мезофауны при воздействии рекреационных нагрузок [2, 3], влияние лесных пожаров [4–6]. Ранее в наших широтах не прово-

дилось работ по целевому изучению воздействия лесохозяйственных мероприятий и пожаров на функционирование и динамику мезофауны.

Формирование видового разнообразия животного населения под воздействием различных экологических факторов имеет важное теоретическое и практическое значение.

Реакции сообществ почвенных беспозвоночных на антропогенные нарушения часто проявляются значительно раньше и отчётливее, чем изменения химических и физических параметров почвы, определяемые существующими методами [7].

Целью работы являлось изучение влияния различных антропогенных воздействий, включая лесохозяйственную деятельность, на динамику видового состава и трофической структуры почвенной мезофауны сосняков.

Объекты и методика исследования. Динамика видового состава и численности мезофауны при всех других равных условиях (состав, возраст, полнота насаждений и др.) имеет для каждого конкретного типа леса индивидуальные свойства и особенности [8]. Для уменьшения зависимости от физико-механических свойств

почв наши работы проводились в сосновых лесах на свежих песчаных среднеподзолистых почвах на флювиогляциальных песках в условиях однообразия экотопов. Исследования проведены в насаждениях с участием сосны в составе древостоя 8...10 единиц как естественного, так и искусственного происхождения, полнотой 0,5...0,9, III...VI классов возраста, преимущественно брусничного типа леса в типах лесорастительных условий А₂, В₂. Таксационная характеристика объектов исследования приведена в табл. 1.

Детальные исследования состояния почвенной мезофауны на пробных площадях (ПП) выполнялись с использованием

стандартных почвенно-зоологических методов [9]. На подлежащей обследованию площадке выбирали наиболее типичные точки и закладывали на них почвенные пробы. Площадки для учёта почвенной мезофауны закладывали в количестве 12...15 на каждую пробную площадь, располагая их по диагоналям размерных площадей или на ленте безразмерных, на равном удалении друг от друга. Использовался метод ручной разборки почвенных проб – прямой метод учёта, позволяющий получить данные по количеству учитываемых объектов на единицу площади поверхности почвы. Размер почвенной пробы принимался равным 0,25 м² [10].

Таблица 1

Таксационные характеристики насаждений, в которых заложены пробные площади

№ ПП	Фактор воздействия		Таксационные показатели					
	Устойчивый низовой пожар (интенсивность, давность)	Вид рубок, интенсивность, (%)	Состав	Средний возраст, лет	Класс бонитета	Тип леса	ТЛУ	Относительная полнота
1	Сильная, 2 года	Сплошная	–	–	–	Бр	А ₂	–
2	Контрольные условия		лк 7С3С	1 ярус: 89 2 ярус: 57	I	Бр	А ₂	0,8
3	Сильная, 2 года	–	лк 10С	50	I	Бр	А ₂	0,9
4	Сильная, 2 года	–	10С+Б	95	I	Бр	А ₂	0,5
5	Средняя, 3 года	–	10С	59	I	Бр	В ₂	0,7
6	Средняя, 3 года	–	лк 8С2Б	61	I	Сл	С ₃	0,7
7	Сильная, 4 года	–	10С+Б	90	I	Бр	А ₂	0,6
8	Контрольные условия		10С+Б	95	I	Бр	А ₂	0,5
9	Сильная, 2 года	–	6С4С+Б	115	II	Бр	А ₂	0,6
10	Контрольные условия		лк 9С1Б	56	I	Бр	А ₂	0,9
11	–	Выборочная 15%	8С1Е1Б	90	II	Бр	В ₂	0,6
12	Контрольные условия		8С1Е1Б	90	II	Бр	В ₂	0,6
13	–	Выборочная 20%	9С1Б	85	I	Бр	В ₂	0,7
14	Контрольные условия		9С1Б	85	I	Бр	В ₂	0,7
15	–	Выборочная 20%	10С	85	I	Бр	В ₂	0,7
16	Контрольные условия		10С	85	I	Бр	В ₂	0,7
17	–	Сплошная	–	–	–	Сл	С ₂	–
18	Контрольные условия		8С1Е1Б	90	I	Сл	С ₂	0,7
19	Сильная, 3 года	Сплошная	–	–	–	Бр	А ₂	–
20	Контрольные условия		лк 7С3С	1 ярус: 90 2 ярус: 58	I	Бр	А ₂	0,8
21	Сильная, 3 года	–	лк 10С	51	I	Бр	А ₂	0,9
22	Сильная, 5 лет	–	10С+Б	90	I	Бр	А ₂	0,6
23	Контрольные условия		10С+Б	95	I	Бр	А ₂	0,5
24	Контрольные условия		лк 9С1Б	57	I	Бр	А ₂	0,9
25	Сильная, 3 года	–	10С+Б	95	I	Бр	А ₂	0,5
26	Средняя, 4 года	–	10С	60	I	Бр	В ₂	0,7
27	Средняя, 4 года	–	лк 8С2Б	62	I	Сл	С ₃	0,7
28	Сильная, 3 года	–	6С4С+Б	115	II	Бр	А ₂	0,6

Всех учтённых беспозвоночных делили на систематические группы и три трофических класса по способам питания (зоофаги, фитофаги и сапрофаги). Влияние антропогенных воздействий на состояние комплекса мезофауны изучалось на основе анализа популяционных и видовых показателей почвенной биоты. Сравнительную оценку видового разнообразия проводили с использованием индексов разнообразия Симпсона и Шеннона-Уивера. Выравненность определяли с использованием отношения Хилла.

В течение полевых сезонов 2012–2013 гг. было заложено 28 пробных площадей и 385 учётных почвенных площадок для учёта влияния лесных пожаров и рубок леса на динамику почвенной мезофауны.

Анализ результатов. При изучении влияния антропогенных воздействий на естественные экосистемы необходимо рассматривать любую человеческую деятельность применительно к отдельным элементам биогеоценоза с экологической точки зрения.

Лесные пожары – мощнейший фактор комплексного преобразования лесных сообществ. Затрагивая древостой, огонь также нарушает живой напочвенный покров (ЖНП) и изменяет свойства почвы вместе с её компонентами.

Огневое поражение от пожара при одном и том же его виде и силе не одинаково при различном возрасте древостоев. Отпад деревьев вследствие пожара происходит в наиболее тонких ступенях, снижаясь с увеличением диаметра деревьев. В результате сильных низовых пожаров в первые три года происходит интенсивное усыхание и отпад погибших стволов. Через три года после низового пожара средней интенсивности санитарное состояние древостоя соответствует слабой степени повреждения и практически не имеет тенденции к дальнейшему ослаблению [11].

На основе изучения живого напочвенного покрова как фактора в динамике

численности почвенной мезофауны нами установлено [12], что с увеличением давности лесного пожара происходит постепенное увеличение коэффициента общности его видового состава (по Сьеренсену) с контролем.

Часть ЖНП является кормовой базой и средообразователем для почвенной мезофауны. Пожарища изменяют кислотность почвенных растворов и видовой состав ЖНП, что изменяет кормовой спектр и условия обитания для представителей почвенных фитофагов. Для участков, пройденных огнём, с использованием экологических коэффициентов Элленберга [13] установлено снижение показателя кислотности почвы в связи с давностью пожара и восстановлением лесной среды со значительным участием кислого хвойного опада.

Основной вид лесохозяйственной деятельности – рубки леса – важный фактор в развитии и изменении лесных сообществ. Рубки леса всегда сопровождаются изменением экологических условий, влияющих в разной степени на жизненный цикл почвенной биоты. Биологическая активность почв, способствующая выполнению лесным сообществом его биосферных функций, находится под контролем внешних условий и неизбежно реагирует на происходящие изменения лесной среды [14].

Изменения, происходящие в лесном сообществе после рубок леса, отчасти похожи на послепожарные. В результате изреживания древостоя снижается сомкнутость крон и увеличивается освещённость всех ярусов насаждения, изменяется влажность воздуха. Создаются благоприятные условия для светолюбивых представителей живого напочвенного покрова и одновременно появляется угроза усыхания древесных, кустарниковых и травянистых видов, получающих излишнее количество солнечной радиации. В случае проведения сплошных рубок кардинально меняются экологические условия всего биогеоценоза. Оголённые верхние слои

почвы наиболее интенсивно подвергаются влиянию ветровой эрозии, солнечной инсоляции и выпадающих осадков. Как результат, после рубок леса изменяются химизм и скорость реакций в почве, приводящие к нарушению биологической активности почв. Нами установлено, что рубки леса приводят к уменьшению влажности почвы. Наиболее заметное снижение показателя влажности (на 14 %) вызвано сплошными рубками. После проведения рубок отмечен рост обеспеченности почвы минеральным азотом [15].

На территории двух участковых лесничеств Калужской области нами были изучены изменения, происходящие в комплексах почвенной мезофауны при антропогенном воздействии. Мы считаем, что для целей биомониторинга и диагностики нарушения лесных сообществ наибольшую значимость имеют данные, полученные для типичных (фоновых) видов оби-

тателей почвы. В наших исследованиях они представлены личинками насекомых, олигохетами и многоножками.

В табл. 2 представлены статистические данные учёта почвенной мезофауны по трофическим классам.

Вариация показателя плотности мезофауны максимальна для всех групп мезофауны через пять лет после пожара, что отражает восстановление α -разнообразия мезофауны и снижение плотности отдельных групп. Также значения вариации по многим биотопам значительны ввиду небольшой плотности мезофауны. Точность опыта определения средней для зоофагов – до 29,0, для фитофагов – до 96,3 и для сапрофагов – до 69,7 %.

Влияние пожаров на почвенную мезофауну выражается, прежде всего, в снижении общей численности беспозвоночных (в сравнении с показателями контрольных ПП), что прослеживается на рис. 1.

Таблица 2

Данные учёта трофических классов мезофауны в сосняках, ослабленных различными антропогенными воздействиями

Фактор воздействия	№ ПП	Количество площадок, шт.	Плотность функциональных групп мезофауны, шт./м ²								
			зоофаги			фитофаги			сапрофаги		
			M±m	C, %	P, %	M±m	C, %	P, %	M±m	C, %	P, %
Пожары:											
2-хлетней давности	3, 4, 9	40	13,3 ±3,25	42,5	24,6	3,7 ±1,68	79,07	45,6	0,5 ±0,32	116,9	67,5
3-хлетней давности	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
Рубки леса:											
4-хлетней давности	7, 26, 27	41	32,1 ±6,98	37,7	21,8	14,5 ±5,34	63,60	36,7	7,20 ±2,11	50,8	29,3
5-илетней давности	22	13	35,1 ±10,15	104,4	29,0	7,1 ±6,82	347,3	96,3	5,5 ±3,41	222,3	61,6
Контроль	2, 8, 10, 20, 23, 24	78	32,8 ±4,21	31,5	12,8	14,3 ±8,05	137,9	56,3	9,0 ±2,08	56,9	23,2
Выборочные 15-20 %	11, 13, 15	44	8,3 ±1,12	23,2	13,4	10,4 ±2,11	35,0	20,2	0,8 ±0,40	86,6	50,0
Сплошные	1, 17, 19	42	19,9 ±3,80	33,1	19,1	6,0 ±4,44	128,	74,2	2,6 ±0,69	45,9	26,5
Контроль	12, 14, 16, 18	58	36,0 ±9,18	51,0	25,5	20,0 ±3,78	37,8	18,9	5,4 ±1,99	73,2	36,6

Примечания: M±m – средняя с ошибкой, C – вариация, P – точность опыта определения средней.

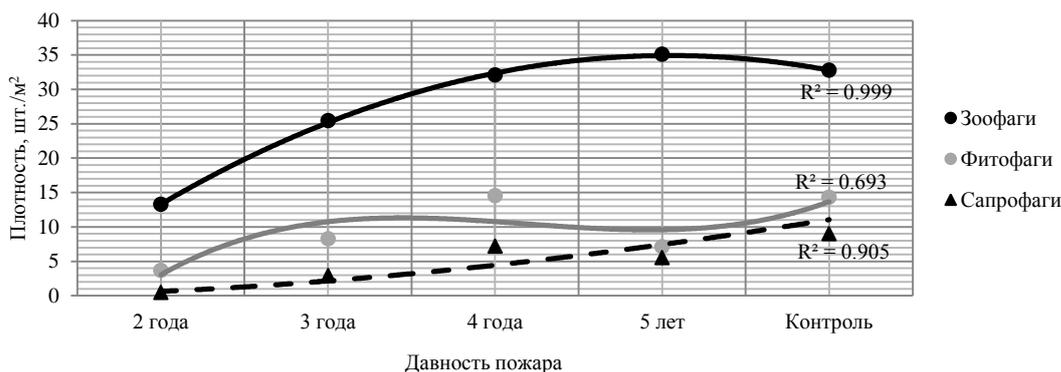


Рис. 1. Зависимость плотности трофических классов мезофауны от наличия и давности воздействия пожара

Наибольшее долевое участие (58,5...77,1 %) на всех ПП имеют зоофаги, доля фитофагов в комплексах мезофауны составляет 14,8...27,0 %. Для ПП, расположенных в месте прохождения пожаров двухлетней давности, установлены наименьшие показатели плотности мезофауны (средняя плотность зоофагов – 13,1; фитофагов – 3,1; сапрофагов – 0,8 шт./м²).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что плотность всех трёх трофических классов комплекса педофауны варьирует на контрольных пробных площадях в пределах 35,4...68,3 шт./м². В работе И.Н. Безкорвайной и др. почвенное население песчаных подзолов также характеризуется крайне низкой плотностью (65 экз./м²) и разнообразием мезоэдафона [16]. Однако, по данным М.Т. Лаврова, в Брянской области в сосняке-брусничнике численность только фитофагов может достигать до 150 шт./м² в спелых и перестойных и до 217,4 шт./м² в средневозрастных насаждениях [8]. В

таёжных сообществах показатели численности мезофауны варьировали от 306 до 732 экз./м², наиболее массовые группы: пауки, стафилиниды, жуки [17]. В насаждениях после пожаров разной давности отмечается обеднённость почвенного населения и деградация почвенных сообществ. Подобный результат получен Е.Н. Краснощековой, J. Smith [5, 18].

Анализ полученных нами данных также свидетельствует и о связи динамики мезофауны с видом проводимых рубок леса (рис. 2). На контрольных ПП отмечена самая высокая общая плотность почвенных беспозвоночных – 61,3 шт./м² – с вариацией показателя от 39,1 до 85,7 шт./м². После проведения сплошной рубки общая плотность мезофауны более чем в два раза превышает плотность её после выборочных рубок интенсивностью 15...20 %. В связи с проведением рубок леса происходит снижение общей численности и плотности мезофауны в сравнении с контролем.

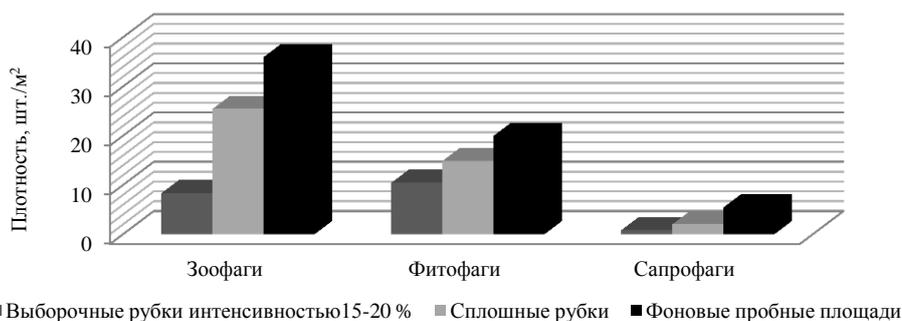


Рис. 2. Зависимость плотности трофических классов мезофауны от вида рубки

Наряду с этим происходит уменьшение общего количества систематических групп почвенной мезофауны. На контрольных ПП зафиксировано 10...15 групп мезофауны, после пожаров средней интенсивности трёхлетней давности – 11...12 групп, четырёхлетней давности – 14 групп. На пробных площадях спустя 2...5 лет после сильных устойчивых пожаров отмечено 7...11 систематических групп. В местах проведения сплошных и выборочных рубок интенсивностью 15...20 % отмечены 10...12 групп.

По данным В. А. Матвеева [19], соотношение комплексов почвенного населения коренного типа леса и производных вырубок при смене пород существенно не меняется. В мезофауне сложных ельников и производных вырубок количественно преобладали три группы беспозвоночных: Insecta, Myriapoda и Lumbricidae, расположенные в порядке доминирования. Резко снижается (до 2,2 раза) плотность беспозвоночных на лесосеках 1...3 лет, что соответствует полученным и нами данным.

После рубок леса изменяются экологические условия среды обитания педофауны. Как следствие, изменяется видовое разнообразие с вытеснением и заменой одних видов другими, наиболее приспособленными к сложившимся условиям. Проведение выборочных рубок интенсивностью 15...20 % способствует уменьшению количества видов мезофауны. В отсутствие древостоя после сплошных рубок создаются условия для увеличения численности видов в сравнении с контролем.

Сравнительный анализ соотношения трофических групп мезофауны показал, что на контрольных участках зоофаги преобладают почти в два раза над фитофагами и в четыре раза – над сапрофагами. Недостаток в почве легкодоступного органического вещества обуславливает малую долю сапрофагов. Л. С. Чумаков [20] в почвенной фауне сосняков Березинского биосферного заповедника также отмечал господствующее положение хищников в исследуемых сосняках (88,8...93,8 %) и небольшое количество сапрофагов (0,3...2,0 %).

Учёт мезофауны на площадях, нарушенных пожарами средней интенсивности давностью 3...4 года, свидетельствует о незначительном уменьшении доли сапрофагов по сравнению с показателями контрольных ПП. В результате сильных пожаров давностью 2...5 лет доля сапрофагов снижается в 1,2...5,9 раза при увеличении доли зоофагов до 1,3 раза. Изменения, происходящие в пищевой структуре почвенной мезофауны в местах проведения выборочных рубок интенсивностью 15...20 % (по сравнению с контролем), заключаются в уменьшении долей зоофагов (более чем в 1,5 раза) и сапрофагов (в два раза). Проведение сплошной рубки сопровождается увеличением доли зоофагов (в 1,2 раза).

Для характеристики видовой структуры мезофауны пробных площадей использовали индекс видового разнообразия Симпсона и индекс разнообразия Шеннона–Уивера. Результаты расчёта индексов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Индексы видового разнообразия и выравненность в исследованных комплексах мезофауны

Индекс	Вид воздействия					
	пожар давностью три года	пожар давностью четыре года	пожар давностью пять лет	контрольные пробные площади	выборочная рубка интенсивностью 15...20 %	сплошная рубка
Симпсона	8,76	11,78	10,11	11,03	7,71	7,25
Шеннона–Уивера	2,47	2,75	2,72	2,74	2,30	2,40
Хилла	1,77	1,86	1,63	1,73	1,82	1,55

Сравнительная оценка с использованием индекса Симпсона свидетельствует о том, что на горях давностью три года происходит уменьшение видового разнообразия (индекс 8,76) по сравнению с контрольными ПП (индекс 11,03). После сплошных и выборочных рубок интенсивностью 15...20 % зафиксированы наименьшие индексы видового разнообразия – 7,25 и 7,71 соответственно.

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что видовое разнообразие контрольных ПП может достигаться в послепожарных условиях через 4...5 лет. Проведение различных рубок способствует наибольшему уменьшению видового разнообразия.

Расчёт равномерности распределения видов по их обилию в сообществе (выравненности) показал следующее. В условиях контрольных ПП, за счёт наличия видов-доминантов с высоким обилием, вырав-

ненность (1,73) оказалась меньше, чем на пожарищах трёх- и четырёхлетней давности (1,77 и 1,86 соответственно), где обилие относительно равномерно распределено между видами. Проведение выборочных рубок также способствовало увеличению выравненности по сравнению с фоном (до 1,82).

В табл. 4 представлены результаты расчёта встречаемости и плотности почвенной мезофауны, идентифицированной до различных таксономических уровней.

В исследованиях В. П. Бессчетнова [21] на территории Нижегородской области минимальное количество насекомых отмечено на ПП, которые после пожара были дополнительно подвержены антропогенному влиянию (расчистке участка и созданию лесных культур). Максимальное количество видов отмечено на ПП, не повреждённой пожарами, и на ПП после низового пожара слабой интенсивности.

Таблица 4

Таксономическое разнообразие мезофауны на ПП при различном антропогенном воздействии

Мезофауна	Факторы воздействия															
	пожары давностью:								Контроль		рубки леса:				Контроль	
	2 года		3 года		4 года		5 лет				ВР		СР			
	Р, шт/м ²	V, %														
Elateridae	2,9	48	3,2	43	11,2	79	6,2	69	10,1	82	6,6	66	4,7	34	10,1	84
Diptera	1,4	15	2,1	17	3,5	23	4,0	27	3,6	30	2,4	12	1,4	12	2,7	20
Scarabaeidae	0,5	11	1,1	19	0,4	10	0,9	8	0,9	17	0,5	11	0,2	2	1,1	11
Lumbricidae	0,4	6	0,8	8	2,1	19	3,1	35	4,1	28	0,4	3	0,3	4	2,3	21
Curculionidae	0,1	3	0,9	17	0,8	18	0,0	0	1,1	18	2,7	38	1,5	9	5,0	48
Carabidae	1,1	18	3,7	40	3,0	53	4,6	69	1,1	18	3,7	40	3,0	53	4,6	69
Staphylinidae	1,2	33	1,3	34	2,2	41	2,5	39	3,5	58	1,0	18	1,5	21	5,0	62
Ectobiinae	0,4	9	2,4	42	4,7	53	2,5	31	0,4	9	2,4	42	4,7	53	2,5	31
Symphyta	0,0	0	0,7	11	2,1	36	0,0	0	0,0	0	0,7	11	2,1	36	0,0	0
Chilopoda	5,1	61	6,3	56	9,9	74	6,8	92	5,1	61	6,3	56	9,9	74	6,8	92
Juliformia	0,3	7	0,1	3	0,4	8	0,0	0	0,3	7	0,1	3	0,4	8	0,0	0
Noctuidae	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Araneae	4,6	57	4,3	66	5,8	71	9,5	92	4,6	57	4,3	66	5,8	71	9,5	92
Formicidae	3,9	32	6,0	61	7,7	72	7,7	62	3,9	32	6,0	61	7,7	72	7,7	62

Примечания: ВР – выборочные рубки интенсивностью 15...20 %; СР – сплошные рубки; V – встречаемость; Р – средняя плотность на ПП.

Исследования на территории Восточного Саяна показали, что обилие насекомых и их личинок в подстилке, в зависимости от степени захламлённости и температуры огня, уменьшается в 3...14 раз. Восстановление прежнего зооценоза происходит на второй год [22].

Среди почвенных насекомых наибольшее значение имеют семейства щелкунов, долгоносиков, хрущей и отряда двукрылых. Основными представителями надкласса многоножек являются почвенные губоногие и двупарноногие многоножки.

Щелкуны (личинки) – наиболее часто встречающееся семейство насекомых в песчаных почвах на всех пробных площадях. В наших исследованиях общая плотность семейства щелкунов меняется в зависимости от интенсивности пожаров: в результате сильных пожаров плотность уменьшается в 2,1 раза больше, чем после пожаров средней интенсивности. После выборочных рубок интенсивностью 15...20 % плотность щелкунов меньше, чем на контроле, в 1,6 раза. После проведения сплошной рубки леса их плотность выше показателей контроля в 1,3 раза. Сплошная рубка, проведённая после пожара, влечёт уменьшение плотности щелкунов в 16,7 раза по сравнению с контрольными ПП.

Исследования J. Муона в таёжных хвойных лесах Швеции показали, что после пожара в сосняках численность находящихся в почве щелкунов резко возросла. Вероятно, повлияло то, что лесные пожары высвободили питательные вещества, стимулирующие рост трав, корнями которых питаются личинки щелкунов [23].

Нами зафиксированы личинки четырёх видов щелкунов на послепожарных территориях. Для контроля характерно доминирование щелкуна широкого (*Selatosomus Latus* F.) – 36 % (3,7 шт./м²). Личинки щелкуна каштанового (*Anostirus castaneus* L.) (2,9 шт./м²) и щелкуна окаймлённого (*Dolopius marginatus* L.)

(3,1 шт./м²) имеют схожие доли в сообществе учтённых щелкунов (28 и 29 % соответственно). Остальная доля (7 %) приходится на личинок щелкуна мозаичного (*Prosternon tessellatum* L.) (0,7 шт./м²). В результате сильного устойчивого низового пожара происходит перераспределение участия видов. Доля личинок щелкуна широкого достигает почти половины (44 %) при плотности 1,3 шт./м², возрастает участие личинок щелкуна мозаичного (21 %) с плотностью 0,6 шт./м². Снижается участие личинок щелкуна каштанового и щелкуна окаймлённого в сообществе (до 16...18 %). По истечении пяти лет после сильного низового пожара отмечается преобладание личинок щелкуна окаймлённого и отсутствие щелкуна мозаичного. Низовой пожар средней интенсивности в меньшей степени влияет на встречаемость каждого из четырёх отмеченных видов щелкунов – каждый имеет встречаемость 25 %.

Нами проанализирована почвенная мезофауна насаждений после рубок различной интенсивности. Наибольшая общая плотность характерна для контрольных ПП, на участках, не затронутых рубками – до 85,7 шт./м². Наиболее многочисленным в составе является семейство щелкунов, представленное пятью видами. На пробных площадях после выборочных рубок интенсивностью 15 и 20 %, а также на контрольных ПП (не затронутых рубкой) доминирует щелкун широкий (*Selatosomus latus* F.) 2,2...5,8 шт./м². После проведения сплошной рубки древостоя доминантом (9,4 шт./м²) среди щелкунов становится щелкун окаймлённый (*Dolopius marginatus* L.), являющийся на участках леса, пройденных выборочными рубками, субдоминантным видом, а общая плотность щелкунов превышает показатель контрольных ПП. Однако проведение сплошной рубки древостоя после низового пожара создаёт условия для жизнедеятельности только щелкуна широкого. Личинки щелкуна каштанового (*Anostirus*

castaneus L.) зафиксированы только на контрольных ПП с долей участия 6...9 % от численности личинок щелкунов при плотности 0,3...1,3 шт./м². Щелкун кожеедоподобный (*Cryptohypnus dermestoides* Hbst.) отмечен только на участке после сплошной рубки. Также редко встречался щелкун коричневый (*Sericus brunneus* L.) с долей участия до 6 % (от общего количества щелкунов) на двух ПП.

Таким образом, под влиянием пожаров и рубок леса наименьшие изменения в плотности заселения почв щелкунами претерпевает эврибионтный вид – щелкун широкий. Только после проведения сплошной рубки и через пять лет после сильного устойчивого низового пожара его доминантное положение занимает другой вид – щелкун окаймленный.

Губоногие многоножки – самые многочисленными среди зоофагов на контрольных ПП – в участках леса, не затронутых антропогенной деятельностью. Характерно преобладание костянок (*Lithobiomorpha*) над представителями отряда геофилов (*Geophilomorpha*) (79...88 % и 12...21 % соответственно). В распределении губоногих многоножек при воздействии пожаров наблюдается чёткая зависимость. Костянки преобладают над геофилидами на ПП после пожаров. Однако величина такого превосходства тем меньше, чем меньше давность пожара. После сильных пожаров происходит сокращение плотности губоногих многоножек в 1,9 раза и увеличение в 1,2 раза – после пожаров средней интенсивности.

После проведения выборочных рубок интенсивностью 20 % не отмечены представители отряда *Geophilomorpha*. Как выборочные, так и сплошные рубки леса приводят к снижению плотности многоножек в 12...14 раз.

На послепожарных территориях среди личинок двукрылых (*Diptera*) преобладают представители рода *Lasiopogon* Lw. На контрольных ПП их доля среди личинок двукрылых составляла 73 %. После силь-

ных устойчивых низовых пожаров также наблюдалось их численное превосходство (67...81 %) над остальными личинками мух. Характерной особенностью, выявленной при учёте на всех ПП, можно считать присутствие личинок ктырей *Philonicus albiceps* Mg. На контроле их доля – 28 % от всех учтённых двукрылых. С увеличением давности пожара отмечается увеличение их встречаемости (36...40 %).

После рубок леса также доминируют среди личинок двукрылых представители рода *Lasiopogon* Lw. (до 2,0 шт./м²). Заметно участие представителей рода *Culicoides* Latr. (средняя плотность – 0,3 шт./м²), семейств *Therevidae* и *Tipulidae* (средняя плотность для каждого семейства составляет 0,1 шт./м²). Зависимости плотности и встречаемости куколок ктырей *Philonicus albiceps* от интенсивности рубок не прослеживается. В результате проведения рубок леса, а также после низовых устойчивых пожаров различной интенсивности доля двукрылых в сообществе мезофауны отмечается не ниже показателей, зафиксированных на контрольных ПП, не затронутых антропогенным воздействием. При этом общая плотность двукрылых после проведения рубок леса уменьшается с 2,7 шт./м² в 1,1...1,6 раза с увеличением интенсивности рубки, после пожаров – уменьшается в 1,2...1,6 раза с 3,6 шт./м² с увеличением интенсивности пожара.

Важный для почвообразования класс олигохет представлен земляными червями (*Lumbricus terrestris* L.) и подстилочными (*Dendrobaena octaedra* Sav., *Lumbricus castaneus* Sav.). Контрольные ПП характеризуются слабым преобладанием земляных форм червей над подстилочными формами. На протяжении двух-пяти лет после низовых пожаров разной интенсивности отмечены незначительные колебания как в сторону уменьшения, так и в сторону повышения доли каждой экологической группы. На контрольных ПП их общая плотность достигает 7,3 % от всей почвенной мезофауны

(4,1 шт./м²). В результате воздействия устойчивых низовых пожаров плотность олигохет составляет 1,0...1,4 шт./м².

В распределении олигохет на участках, не затронутых рубками леса, зафиксировано небольшое преобладание (на 4 %) земляных червей над подстилочными. Проведение выборочных рубок интенсивностью 15...20 % увеличивает доминирование земляных форм при общем снижении плотности червей в 4,6 раза. На пробных площадях после сплошных рубок представителей олигохет не зафиксировано.

Воздействие сильных устойчивых низовых пожаров в среднем сравнимо по степени влияния на комплекс олигохет с проведением выборочных рубок: происходит более чем четырёхкратное уменьшение плотности по сравнению с контролем.

В исследованных сосняках из семейства пластинчатоусых (Scarabaeidae) отмечены личинки восточного майского хруща (*Melolontha hippocastani* F.) и хруща июньского (*Amphimallon solstitialis* L.). Доля хрущей на участках леса, пройденных низовыми пожарами, в комплексе почвенной мезофауны незначительна (1,6...2,9 %). На контрольных ПП отмечены личинки только восточного майского хруща, после пожаров – и хруща июньского. При этом их доля превышает долю личинок майского хруща до пяти раз. Плотность личинок хрущей после сильных пожаров составляет 0,9 шт./м², после пожаров средней интенсивности – 0,6 шт./м². При плотности до 0,8 шт./м² доля хрущей в сообществе почвенной мезофауны мала. После проведения сплошной, а также выборочных рубок интенсивностью 15...20 % плотность хрущей составляет 0,1 шт./м².

Воздействие рубок леса более значимо влияет на уменьшение плотности хрущей, чем пожары различной интенсивности.

Из долгоносиков отмечен один вид – *Brachyderes incanus* L. Плотность его личинок составляет 1,3 шт./м² на контроле и в насаждениях, пройденных пожарами

средней интенсивности. Для ПП на участках после сильных устойчивых низовых пожаров различной давности характерны меньшие (до 4,3 раза) плотности поселения личинок долгоносика. Проведение выборочной рубки приводит к сокращению плотности в 1,6 раза (до 0,6 шт./м²) в сравнении с контролем, а после сплошной рубки долгоносиков не зафиксировано.

Результаты наших исследований близки полученным более 50 лет назад в похожих условиях М. Т. Лавровым [8], который отмечал, что при слабом изреживании древостоя (до 15 %) и при интенсивных рубках (40...70 %) снижается, по сравнению с контролем, количество дождевых червей и всех многоножек.

Однако наши данные не подтвердили мнение М. Т. Лаврова, что рубки интенсивностью 40...70 % снижают, по сравнению с контролем, количество личинок двукрылых и при этом совершенно исчезают личинки майского хруща, а также, что количество личинок других хрущей равно контролю, а количество личинок щелкунов незначительно увеличивается.

Большую роль в регуляции численности почвенной мезофауны играют активные хищники – жужелицы. По данным И. Х. Шаровой, в лесах Московской области их зарегистрировано до 50 видов. Доминирующая группа жизненных форм – зоофаги стратобионты подстилочные, они составляют 40...78 % по плотности от всех лесных жужелиц. Заметное значение имеют эпигеобионты ходячие [24].

На послепожарных территориях нами зафиксировано десять видов из данного семейства. На контрольных ПП отмечено пять видов, среди которых наибольшую долю (64 %) при плотности 2,2 шт./м² имеет *Calathus micropterus* Duft. Здесь наиболее представлен по количеству видов род *Pterostichus*, на долю которого приходится 29 % от плотности жужелиц. В его составе представлены *Pterostichus oblongopunctatus* F., *Pterostichus melanarius* Ill., *Pterostichus aethiops* Pz. Также отмечен

Carabus nemoralis Mull. с низкой долей участия в сообществе жуужелиц (7 %).

После пожаров средней интенсивности зафиксировано пять видов жуужелиц, после сильных – семь. В составе сообществ жуужелиц всех ПП отмечены три вида: имеющий наибольшую долю в общей плотности *Calathus micropterus* Duft., *Pterostichus oblongopunctatus* F. и *Pterostichus melanarius* Ill.

Таким образом, пожары не уменьшают видового разнообразия жуужелиц. *Calathus micropterus* Duft. является самым многочисленным представителем, составляя не менее 31 % сообщества жуужелиц и, вместе с *Pterostichus oblongopunctatus* F. и *Pterostichus melanarius* Ill., являясь основой карабидокомплекса.

Отмечено уменьшение общей плотности данного семейства в 1,9 и 2 раза при пожарах средней интенсивности и сильных пожарах соответственно. Несколько отличные результаты получены при исследовании в таёжных хвойных лесах Швеции, где жуужелицы увеличили численность на всех участках после пожара. Жуужелица-супердоминант в северных хвойных лесах (*Calathus micropterus* Duft.) по численности приблизилась к нормальной после двух лет после пожара [23].

При изучении влияния рубок на почвенную мезофауну нами зафиксировано 15 видов жуужелиц. На контрольных ПП отмечено 12 видов, среди которых наибольшую долю (31 %) при плотности 1,0 шт./м² имеет *Calathus micropterus* Duft. Наибольшее количество видов зафиксировано из рода *Pterostichus* (35 % от плотности жуужелиц). В его составе представлены *Pterostichus oblongopunctatus* F., *Pterostichus melanarius* Ill., *Pterostichus aethiops* Pz., *Pterostichus versicolor* Sturm. и *Pterostichus minor* Gyll. с преобладанием *Pterostichus oblongopunctatus* F. (40 % от плотности рода).

После выборочных рубок интенсивностью 15...20 % учтено пять видов жуужелиц. Только здесь отмечен *Loricera*

pilicornis F. Плотность жуужелиц ниже, чем на контроле, почти в шесть раз (0,6 шт./м²). На долю *Loricera pilicornis* F. и *Pterostichus melanarius* Ill. приходится по 30 % от плотности. Большее количество видов (восемь) характерно для мест проведения сплошных рубок (плотность семейства – 5,0 шт./м²). *Bembidion properans* Steph. и *Notiophilus palustris* Duft. отмечены исключительно после разреживания насаждения. *Bembidion properans* Steph. – доминант в данных условиях, на долю которого приходится больше половины плотности жуужелиц.

Доминант в контроле *Calathus micropterus* Duft., значительно преобладающий над остальными видами жуужелиц, сменяется в результате проведения сплошных рубок на *Bembidion properans* Steph. После проведения выборочных рубок плотность жуужелиц распределена относительно равномерно между несколькими видами-доминантами, в числе которых *Loricera pilicornis* F., *Pterostichus melanarius* Ill. и *Carabus nemoralis* Mull.

Стафилины – одна из крупнейших групп почвенных насекомых. На контрольных ПП учтено семь видов, наибольшую долю из которых имеет *Xantholinus tricolor* F. при плотности 0,9 шт./м². Субдоминантными видами являются *Philonthus decorus* Grav. и *Xantholinus linearis* Ol. с долями 14,3 и 11,1 % соответственно. После сильных низовых пожаров отмечены три вида стафилинов, они же характерны и для контроля. Преобладают представители рода *Xantholinus*, менее 15 % приходится на вид *Gabrielius osseticus* Kol. при плотности 0,2 шт./м².

После устойчивого низового пожара средней интенсивности комплекс стафилинов представлен шестью видами, встречающимися и на контроле, и, дополнительно, ещё тремя видами.

Совместная доля *Xantholinus tricolor* F. и *Xantholinus linearis* Ol. значительно преобладает над встречаемостью других видов стафилинов. Таким образом, дан-

ные виды являются основой комплекса стафилинов. Сильные устойчивые пожары уменьшают количество видов стафилинов, а на ПП после пожаров средней интенсивности давностью до четырёх лет количество стафилинов не меньше, чем на контроле.

При изучении влияния рубок леса на мезофауну нами зафиксированы имаго 13 видов стафилинов. На контроле учтено 12 видов, наибольшую долю из которых имеет *Xantholinus tricolor* F. при плотности 1,5 шт./м². Субдоминантными видами в данных условиях выступают *Охурода abdominalis* Mann., *Xantholinus linearis* Ol. и *Gabrius osseticus* Kol. с долями около 15 % у каждого.

После проведения выборочных рубок интенсивностью 15...20 % отмечены шесть видов стафилинов. Пять из них характерны и для контроля, *Stenus junio* Paук. встречен только на местах рубок леса. Преобладают *Drusilla canaliculata* Fabr. и *Gabrius osseticus* Kol. После сплошных рубок комплекс стафилинов представлен восемью видами, имеющимися и на контроле. Преобладают *Gabrius osseticus* Kol. (1,1 шт./м²) и *Xantholinus linearis* Ol. (0,6 шт./м²). Пять видов имеют равные доли в плотности по 9 %.

Таким образом, при всех условиях отмечены *Gabrius osseticus* Kol. и *Drusilla canaliculata* Fabr., являющиеся основой комплекса коротконадкрылых. Проведение как выборочных, так и сплошных рубок различной интенсивности способствует увеличению их доли в сообществе стафилинов. *Xantholinus tricolor* F., преобладающий на контрольных ПП, после проведения сплошных рубок отсутствует.

Выводы

1. Роль рубок леса и низовых пожаров на леса заключается в прямом воздействии на фитоценоз и опосредованном влиянии на почвенную мезофауну через ослабление санитарного состояния древостоев и нарушение живого напочвенного покрова. Изменения, происходящие в лес-

ном сообществе после этих воздействий, близки по тенденциям, но имеют свои особенности.

2. Низовые устойчивые пожары и рубки леса разной интенсивности в сосняках брусничных приводят к изменениям почвенной мезофауны: уменьшению плотности популяций видов, снижению таксономического разнообразия, изменению α -разнообразия, нарушению трофической структуры комплекса.

3. На контроле зоофаги преобладают более чем в три раза над сапрофагами и фитофагами. После рубок леса, а также пожаров средней интенсивности происходит уменьшение долей участия зоофагов и сапрофагов. После сильных пожаров снижается доля сапрофагов при увеличении доли зоофагов.

4. После сильных пожаров плотность личинок щелкунов уменьшается в 2,8 раза больше, чем после пожаров средней интенсивности. После выборочных рубок плотность щелкунов меньше, чем на контроле в 1,6 раза, после проведения сплошной рубки леса их плотность выше, чем на контроле, в 1,3 раза.

5. Как выборочные, так и сплошные рубки леса приводят к значительному снижению доли многоножек в общей численности педофауны. Рубки леса и низовые пожары незначительно сказываются на плотности поселения и видовом составе личинок двукрылых. Воздействие рубок леса более значимо для уменьшения плотности хрущей, чем пожары.

6. Сильные устойчивые низовые пожары сравнимы по степени влияния на комплекс олигохет с проведением выборочных рубок: происходит более чем четырёхкратное уменьшение плотности по сравнению с контролем.

7. При прогнозировании последствий лесохозяйственных мероприятий и других воздействий на леса соотношение трофических групп мезофауны и отдельные виды фоновых почвенных беспозвоночных могут выступать в качестве диагностов состо-

яния лесных сообществ и степени их изменения. Для диагностики степени нарушения лесной среды нами рекомендуется в процессе экологического и лесопатологического мониторинга использовать: соотношение между плотностью комплексов зоофагов и сапрофагов, среди щелкунов отмечать долю *Selatosomus Latus* F., среди двукрылых – долю представителей рода *Lasiopogon* Lw., среди *Lumbricidae* – долю *Dendrobaena octaedra* Sav, среди жуужелиц –

Calathus micropterus Duft., *Pterostichus oblongopunctatus* F. и *Pterostichus melanarius* Ill., среди стафилинов – *Gabrius osseticus* Kol. и *Drusilla canaliculata* Fabr.

8. При ведении лесозаготовок рекомендуется максимально использовать расчётную лесосеку выборочных рубок с наименьшей площадью технологических коридоров, применением лесозаготовительной и лесовозной техники с минимальным давлением на грунт.

Список литературы

1. Отчет международного исследовательского проекта Millennium Ecosystem Assessment [Электронный ресурс]: «Ecosystems and human well-being: Current State and Trends». – 2010. – Vol. 1. Режим доступа: <http://www.millenniumassessment.org/ru/Condition.html> – Загл. с экрана. (дата обращения: 13.02.2014).
2. Юркина, Е. В. Состав и функционально-биоценотическая структура энтомофауны в сосняках при разной степени их антропогенной нарушенности / Е. В. Юркина // Известия вузов. Лесной журнал. – 2009. – № 1. – С. 28.
3. Зейферт, Д. В. Научные основы биоэкологического мониторинга антропогенных воздействий при разных видах хозяйственной деятельности на примере территории южной промышленной зоны Башкортостана [Электронный ресурс]: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Д. В. Зейферт. – М., 2011. – Режим доступа: <http://www.pandia.ru/144092/> – Загл. с экрана (дата обращения: 20.01.2013).
4. Мордкович, В. Г. Проблема лесных пожаров и пирогенных сукцессий сообществ почвенных членистоногих в Сибири / В. Г. Мордкович, И. И. Любечанский, О. Г. Березина // Сибирский экологический журнал. – 2007. – № 2. – С. 169-181.
5. Краснощекова, Е. Н. Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных под воздействием пожаров в среднетаежных сосняках Енисейской равнины [Электронный ресурс]: дис. ... канд. биол. наук / Е. Н. Краснощекова. – Красноярск, 2009. – 178 с. – Режим доступа: <http://www.dissertat.com/content/transformatsiya-kompleksov-pochvennykh-bespozvonochnykh-pod-vozdeystviem-pozharov-v-sredneta> – Загл. с экрана (дата обращения: 13.02.2013).
6. Баканов, М. Ю. Влияние низового пожара в сосняках-зеленомошниках на почвенную мезофауну [Электронный ресурс] / М. Ю. Баканов, Е. В. Линькова, А. В. Рогуленко // Известия калужского общества изучения природы. – Калуга, 2008. – Кн. 8. – С. 129-139. – Режим доступа: <http://www.stenus.ru/statia.php?id=109> – Загл. с экрана (дата обращения: 10.03.2013).
7. Гиляров, М. С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов / М. С. Гиляров // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. – М., 1982. – С. 8-11.
8. Лавров, М. Т. Фауна лесных почв и пути ее регулирования / М. Т. Лавров. – М.: Лесная промышленность, 1968. – 132 с.
9. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю. Б. Бызова и др. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
10. Фасулати, К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Высшая школа, 1971. – 424 с.
11. Дорохов, К. В. Влияние пожаров на санитарное состояние древостоев как фактора в динамике численности почвенной мезофауны / К. В. Дорохов // Лесное хозяйство – 2013. Актуальные проблемы и пути их решения: сб. ст. междунар. науч.-практич. конф. – Н. Новгород: НГСХА, 2014. – С. 120-125.
12. Дорохов, К. В. Влияние пожаров на видовую структуру и проективное покрытие живого напочвенного покрова как кормовой базы почвенной мезофауны / К. В. Дорохов // Актуальные вопросы развития науки: сб. ст. междунар. науч.-практич. конф. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – Ч. 5. – С. 85-92.
13. Булохов, А. Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации / А. Д. Булохов. – Брянск: БГПУ, 1996. – 104 с.
14. Безкоровайная, И. Н. Биологическая активность почв после несплошных рубок в сосняках Красноярской лесостепи / И. Н. Безкоровайная, Г. И. Антонов, В. В. Иванов, Д. А. Семенякин // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – Т. XXVII, № 3-4. – С. 238-242.
15. Дорохов, К. В. Влияние антропогенных воздействий на динамику трофической структуры и плотности мезофауны / К. В. Дорохов, В. П. Шелуха // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2014. – Т. 18, вып. 4 – С. 103-111.

16. *Безкоровайная, И.Н.* Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги Красноярского края / И.Н. Безкоровайная и др. // Сибирский экологический журнал – 2005. – № 1. – С. 143-152.

17. *Бастраков, А. И.* Структура населения почвенной мезофауны в основных типах лесных сообществ южнотаежной подзоны Западной Сибири (на примере среднего течения р. Иртыш) / А. И. Бастраков, Л. Б. Рыбалов // Продуктивность и устойчивость лесных почв: Материалы III Международной конференции. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. – С. 185-188.

18. *Smith, J.* Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna / J. Smith ed. // Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. – Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42. – 2000. – Vol. 1. – 83 p.

19. *Матвеев, В.А.* Почвенная мезофауна сложных ельников и ее изменение при рубке леса и смене пород / В.А. Матвеев // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – Вып. 5. – С. 208-235.

20. *Чумаков, Л.С.* Почвенная фауна болотных сосняков Березинского государственного биосферного заповедника [Электронный ресурс] / Л.С. Чумаков // Беловежская пуца на рубеже третьего тысячелетия: материалы науч.-практ. конф., посвящен. 60-

летию со дня образования гос. заповедника «Беловежская пуца». – Минск, 1999. – С. 405-406. – Режим доступа: <http://bp21.org.by/ru/books/celeb192.html>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.01.2013).

21. *Бессчетнов, В.П.* Особенности формирования почвенной энтомофауны после пожаров на территории Керженского заповедника / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, Т.Н. Быченкова и др. // Лесное хозяйство – 2013. Актуальные проблемы и пути их решения: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. – Н. Новгород: НГСХА, 2014. – С. 93-105.

22. *Тимошкина, О. А.* Влияние вырубок и контролируемого выжигания порубочных остатков на сообщества животных (на примере мелких млекопитающих и птиц Восточного Саяна) [Электронный ресурс]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / О. А. Тимошкина. – Красноярск, 2004. – Режим доступа: <http://earthpapers.net/vliyanie-vyrubok-i-kontrolirovemogo-vyzhiganiya-porubochnyh-ostatkov-na-soobshchestva-zhivotnyh> – Загл. с экрана (дата обращения: 12.07.2014).

23. *Muona, J.* The short-term impact of fire on the beetle fauna in boreal coniferous forest / J. Muona, I. Rutanen. // Annales Zoologici Fennici. – 1994. – № 31. – Vol. 1. – Pp. 109-121.

24. *Шарова, И.Х.* Жизненные формы жуков (Coleoptera, Carabidae) / И.Х. Шарова. – М.: Наука, 1981. – 360 с.

Статья поступила в редакцию 14.10.14.

Ссылка на статью: Дорохов К. В., Шелухо В. П. Изменение видового состава и популяционной структуры почвенной мезофауны в результате низовых пожаров и рубок леса // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4 (24). – С. 31-47.

Информация об авторах

ДОРОХОВ Кирилл Викторович – аспирант кафедры лесозащиты и охотоведения, Брянская государственная инженерно-технологическая академия. Область научных интересов – лесозащита. Автор четырех публикаций.

E-mail: dorokhovkirill@mail.ru

ШЕЛУХО Василий Павлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесозащиты и охотоведения, Брянская государственная инженерно-технологическая академия. Область научных интересов – экология, лесозащита. Автор 100 публикаций.

E-mail: sheluhovp@rambler.ru

CHANGE OF SPECIES COMPOSITION AND POPULATION STRUCTURE OF SOIL MESOFAUNA CAUSED BY CREEPING FIRES AND TIMBER FELLING

K. V. Dorokhov, V. P. Shelukho

Bryansk State Engineering and Technological Academy,
26, Lenina av., Bryansk, 241050, Russian Federation
E-mail: dorokhovkirill@mail.ru

Keywords: species diversity; soil mesofauna; live ground cover; anthropogenic impact; timber felling; forest fires.

ABSTRACT

Biological diversity is a key element, determining stability and equilibrium of natural systems. Biodiversity provides development of communities; thus, self-regeneration and interchangeability of its elements become possible. Formation of species diversity of fauna under the influence of different environmental factors has important theoretical and practical value. The **purpose** of this research was to study the influence of different anthropogenic impacts, including forest management, on the dynamics of species composition and trophic structure of soil mesofauna in pine forests. The record of mesofauna was carried out by the method of layer-by-layer manual development of soil samples in the under-crown space of trees. All the recorded invertebrates were divided into three taxonomic groups and three trophic classes according to the methods of feed (zoophages, phytophages and saprophages). **Results.** The obtained data make it possible to state that creeping fires and cuttings of different intensity in the pine forests lead to the following changes of soil mesofauna: retrogradation of the species, reduction of taxonomic diversity, changes of species diversity, as well as violation of the trophic structure of the complex. The studies showed that in the test forest areas zoophages dominate over saprophages (almost in two times). As a result of felling of different intensity as well as result of fires of medium intensity there occurs a decrease of saprophages fractions. After strong fires, a fraction of saprophages decreases, whereas the fraction of zoophages increases (in 2-5 years after fires). 10...15 groups of mesofauna were fixed in the test sample areas. For medium intensity fires, the presence of representatives of 11...12 groups is typical (in 3 years after fires), 14 groups - in 4 years after fires. 7...11 taxonomic groups were observed in the test areas after 2...5 years after strong fires. 10...12 groups were marked in places where clear and selective felling operations of 15...20% intensity were held. **Recommendations.** It is suggested to use the ratio of mesofauna trophic groups and certain types of background soil invertebrates as a diagnostician of forest communities conditions and the extent of their change (*Selatosomus latus* among click beetles, Diptera of the genus *Lasiopogon* Lw., bedding worm *Dendrobaena octaedra* Sav., chafer *Melolontha hippocastani* F.) in predicting the effects of management activities consequences and some other effects on forest.

REFERENCES

1. Otchet mezhdunarodnogo issledovatel'skogo proekta Millennium Ecosystem Assessment «Ecosystems and human well-being: Current State and Trends» [Report of an International Research Project Millennium Ecosystem Assessment «Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends». URL: <http://www.millenniumassessment.org/ru/Condition.html> (Reference date: 13.02.2014).
2. Yurkina E.V. Sostav i funktsionalno-biotsenoticheskaya struktura entomofauny v sosnyakh pri raznoy stepeni ikh antropogennoy narushennosti [Composition and Functional and Bioecological Structure of Entomofauna in Pine Forest under Different Level of Their Anthropogenic Disturbance]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Izvestiya of Universities. Forest Journal]. 2009. No 1. P. 28.
3. Zeyfert D.V. Nauchnye osnovy bioekologicheskogo monitoringa antropogennykh vozdeystviy pri raznykh vidakh khozyaystvennoy deyatel'nosti na primere territorii yuzhnoy promyshlennoy zony Bashkortostana. Avtoref. diss. dokt. biol. nauk [Scientific Basis of Bioecological Monitoring of Anthropogenic Impacts in Different Types of Economic Activity on the Example of the Southern Industrial Zone of Bashkortostan. Autoref. Dr. Biol. Sci.]. Moscow, 2011. 373 p. URL: <http://www.pandia.ru/144092/> (Reference date: 20.01.2013).
4. Mordkovich V.G. Problema lesnykh pozharov i pirogennykh suksesssiy soobshchestv pochvennykh khlenistonogikh v Sibiri [The Problem of Forest Fires and Pyrogenic Succession of Soil Arthropods Communities in Siberia]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Ecological Journal]. 2007, No 2. Pp. 169-181.
5. Krasnoshchekova E.N. Transformatsiya kompleksov pochvennykh bespozvonochnykh pod

vozdeystviem pozharov v srednetazhnykh sosnyakakh Eniseyskoy ravniny. Diss. dokt. biol. nauk. [Transformation of Soil Invertebrate Complexes under the Impact of Fires in the Middle Taiga Pine Forests of the Yenisey Plain. Doctor Diss. Biol. Sci.]. Krasnoyarsk, 2009. 178 p. URL: <http://www.dissertat.com/content/transformatsiya-kompleksov-pochvennykh-bespozvonochnykh-pod-vozdeystviem-pozharov-v-sredneta> (Reference date: 13.02.2013).

6. Bakanov M.Yu., Linkova E.V., Rogulenko A.V. Vliyaniye nizovogo pozhara v sosnyakakh-zelenomoshnikakh na pochvennyuyu mezofaunu [The Creeping Fire Effect in Pine Forests on the Soil Mesofauna]. *Izvestiya kaluzhskogo obshchestva izucheniya prirody* [Izvestiya of the Kaluga Nature Study Society]. 2008. Vol. 8. – Pp. 129-139. Available at: <http://www.stenus.ru/statia.php?id=109> (Reference date: 10.03.2013).

7. Gilyarov M.S. Pochvennye bespozvonochnye kak indikatorы pochvennogo rezhima i ego izmeneniya pod vliyaniem antropogennykh faktorov [Soil Invertebrates as Indicators of Soil Regime and Its Changes under the Influence of Anthropogenic Factors]. *Bioindikatsiya sostoyaniya okruzhayushchey sredy Moskvy i Podmoskovya* [Bioindication of the Environmental Condition in Moscow and Moscow Region]. Moscow, 1982. Pp. 8-11.

8. Lavrov M.T. *Fauna lesnykh pochv i puti ee regulirovaniya* [The Fauna of Forest Soils and Ways of its Regulation]. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 1968. 132 p.

9. Byzova Yu.B. *Kolichestvennyye metody v pochvennoy zoologii* [Quantitative Methods in Soil Zoology]. Moscow, Nauka, 1987. 288 p.

10. Fasulati K.K. *Polevoe izucheniye nazemnykh bespozvonochnykh: ucheb. posobie dlya universitetov* [A Field Study of Terrestrial Invertebrates: textbook for universities]. Moscow, Vysshaya shkola, 1971. 424 p.

11. Dorokhov K.V. Vliyaniye pozharov na sanitarnoye sostoyaniye drevostoev kak faktora v dinamike chislennosti pochvennoy mezofauny [The Impact of the Fires on the Sanitary Condition of Forests as a Factor in the Population Dynamics of Soil Mesofauna.]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Lesnoe khozyaystvo – 2013. Aktualnye problemy i puti ikh resheniya»* [Collected papers of the International Scientific-Practical Conference «Forestry – 2013. Actual Problems and Their Solutions.».]. N. Novgorod, NGSKhA, 2014. Pp. 120-125.

12. Dorokhov K.V. Vliyaniye pozharov na vidovuyu strukturu i proektivnoye pokrytie zhivogo napochvennogo pokrova kak kormovoy bazy pochvennoy mezofauny [The Influence of Fires on Species Structure and Projective Cover of the Live Ground Cover as a Forage Base for the Soil Mesofauna.]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-*

prakticheskoy konferentsii «Aktualnye voprosy razvitiya nauki» [Collected papers of the International Scientific-Practical Conference «Urgent Problems of Science Development»]. Ufa, RITs BashGU, 2014. Vol. 5. Pp. 85-92.

13. Bulokhov A.D. *Ekologicheskaya otsenka sredy metodami fitoindikatsii* [Ecological Estimation by the Methods of Phytindication]. Bryansk, BGPU, 1996. 104 p.

14. Bezkorovaynaya I.N., Antonov G.I., Ivanov V.V., Semenyakin D.A. Biologicheskaya aktivnost pochv posle nesploshnykh rubok v sosnyakakh Krasnoyarskoy lesostepi [Soil Biological Activity after Selective Logging in the Pine Forests of the Krasnoyarsk Forest-Steppe]. *Khvoynye borealnoy zony* [Boreal Coniferous Forests]. 2010. Vol. 27. № 3-4. Pp. 238-242.

15. Dorokhov K.V. Vliyaniye 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* [Vestnik of Moscow State University of Forest – Forest Vestnik]. 2014. Vol. 18. №. 4. Pp. 103-111.

16. Bezkorovaynaya I.N. Pirogennaya transformatsiya pochv sosnyakov sredney taygi Krasnoyarskogo kraya [Pyrogenic Transformation of the Soils of Pine Forests in the Middle Taiga in Krasnoyarsk Region.]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal [Siberian Ecological Journal]*. 2005. № 1. Pp. 143-152.

17. Bastrakov A. I., Rybalov L.B. Struktura naseleniya pochvennoy mezofauny v osnovnykh tipakh lesnykh soobshchestv Yuzhno-taizhnoy podzony Zapadnoy Sibiri (na primere srednego techeniya r. Irtysh) [Population Structure of Soil Mesofauna in the Main Types of Forest Communities of the Southern Taiga Subzone of Western Siberia (on the example of the Middle Reach of the Irtysh river)]. *Produktivnost i ustoychivost lesnykh pochv: Materialy III Mezhdunarodnoy konferentsii* [Collected papers of the 3rd International Scientific-Practical Conference «Productivity and Stability of Forest Soils»]. Petrozavodsk. KarNTs RAN, 2009. Pp. 185-188

18. Smith J. Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Fauna. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42. 2000. Vol. 1. 83 p.

19. Matveev V.A. Pochvennaya mezofauna slozhnykh elnikov i ee izmeneniye pri rubke lesa i smene porod [Soil Mesofauna Complex Spruce Forest and Its Change During the Felling of the Forest and the Change of Species]. *Nauchnye trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bolshaya Kokshaga»* [Scientific works of the State natural reserve «Bolshaya Kokshaga»]. Yoshkar-Ola: Mari State University. Vol. 2011. Pp. 208-235.

20. Chumakov L.S. Pochvennaya fauna bolotnykh sosnyakov Berezinskogo gosudarstvennogo biosfernogo zapovednika [Soil Fauna of Wetland Pine Berezinsky State Biosphere Reserve]. *Belovezhskaya pushcha na rubezhe tretogo tysyacheletiya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu so dnya obrazovaniya gosudarstvennogo zapovednika «Belovezhskaya pushcha»* [Belovezhskaya Pushcha in the Third Millennium: proceedings of the scientific-practical conference devoted to the 60-anniversary from the date of formation of the state reserve «Belovezhskaya Pushcha»]. Minsk, 1999. Pp. 405-406. URL: <http://bp21.org.by/ru/books/celeb192.html> (Reference date: 20.01.2013).

21. Besschetnov V.P. Osobennosti formirovaniya pochvennoy entomofauny posle pozharov na territorii Kerzhenskogo zapovednika [Peculiarities of Formation of Soil Entomofauna after the Fires on the Territory of the Kerzhenskiy Reserve]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Lesnoe khozyaystvo – 2013». Aktualnye problemy i puti ikh resheniya* [Collected papers of the Interna-

tional Scientific-Practical Conference «Forestry – 2013. Urgent Problems and Their Solutions»]. N. Novgorod, NGSKhA, 2014. Pp. 93-105.

22. Timoshkina O. A. Vliyanie vyrubok i kontroliruемого vyzhiganiya porubochnykh ostatkov na soobshchestva zhitovnykh (na primere melkikh mlekopitayushchikh i ptits Vostochnogo Sayana): avtoref. diss. kand. biol. nauk [The Influence of Logging and Controlled Burning of Wood Residuals in the Community of Animals (Small Mammals and Birds of the Eastern Sayan): autoref. Cand Biol. Sci.]. Krasnoyarsk, 2004. URL: <http://earthpapers.net/vliyanie-vyrubok-i-kontroliruемого-vyzhiganiya-porubochnykh-ostatkov-na-soobshchestva-zhitovnykh> (Reference date: 12.07.2014).

23. Muona J., Rutanen I. The Short-Term Impact of Fire on the Beetle Fauna in Boreal Coniferous Forest. *Annales Zoologici Fennici*. 1994. № 31. Vol. 1. Pp. 109-121.

24. Sharova I.Kh. Zhiznennye formy zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) [Life Forms of Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae)]. Moscow, Nauka, 1981. 360 p.

The article was received 14.10.14.

Citation for an article: Dorokhov K. V., Shelukho V. P. Change of species composition and population structure of soil mesofauna caused by creeping fires and timber felling. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2014. No 4 (24). Pp. 31-47.

Information about the authors

DOROKHOV Kirill Victorovich – Postgraduate student at the Chair of Forest Protection and Game Management, Bryansk State Engineering and Technological Academy. Research interests – forest protection. The author of four publications.

E-mail: dorokhovkirill@mail.ru

SHELUKHO Vasilii Pavlovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forest Protection and Game Management, Bryansk State Engineering and Technological Academy. Research interests – ecology, forest protection. The author of 100 publications.

E-mail: sheluhovp@rambler.ru