

УДК 595.4:502.2

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ИЗВЕСТКОВОЙ ПЫЛИ НА ФАУНУ ПАУКООБРАЗНЫХ СОСНОВОГО БИОГЕОЦЕНОЗА

© 2012 М.И. Майшанова¹, Ю.П. Краснобаев², Ю.П. Демаков¹, А.Н. Чемерис³

¹ Марийский государственный технический университет, г. Йошкар-Ола

² Жигулевский государственный природный заповедник им. И.И. Спрыгина, пос. Бахилова Поляна

³ Томский государственный университет.

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства, г. Томск

Поступила 11.08.2011

Приводятся сведения о влиянии длительного воздействия известковой пыли, выбрасываемой в атмосферу заводом силикатного кирпича, на численность и структуру комплекса паукообразных животных (Arachnida: Aranei, Opiliones) соснового биогеоценоза. Выявлено 62 вида пауков, в том числе 5 новых для Республики Марий Эл видов, и 2 вида сенокосцев. Выделены наиболее информативные биоиндикационные показатели структуры комплекса паукообразных для диагностики степени воздействия длительного известкового загрязнения на сосновый биогеоценоз.

Ключевые слова: пауки, сенокосцы, известковое загрязнение, сосновый биогеоценоз, биоиндикация.

Активное развитие промышленности в последние полвека привело к увеличению загрязнения окружающей среды, что делает необходимым изучение его влияния на состояние наземных экосистем и всех их компонентов, в том числе и паукообразных животных, которые являются важным элементом почвенно-подстилочной фауны биогеоценозов и одним из главных факторов регуляции численности многих членистоногих [8, 9]. Однако несмотря на это, использование паукообразных в качестве индикаторов состояния биогеоценозов не нашло пока должного внимания среди исследователей [7-10]. Это связано, вероятно, с тем, что паукообразные животные – одна из самых сложных и разнообразных в таксономическом плане группа членистоногих, видовая идентификация которых очень сложна, а экология слабо изучена [4, 12, 15]. Очень мало сведений по влиянию на фауну паукообразных щелочного загрязнения [13]. Полностью отсутствуют данные о влиянии загрязнения окружающей среды на фауну сенокосцев, хотя они, наравне с пауками, вносят существенный вклад в регуляцию численности наземных членистоногих.

Целью нашей работы является оценка влияния длительного известкового загрязнения на численность и структуру комплекса паукообразных животных соснового биогеоценоза. Решаемые задачи: 1) оценить влияние известкового загрязнения на численность и структуру комплексов паукообразных животных; 2) выделить наиболее информативные индикационные показатели для оценки состояния соснового биогеоценоза в условиях длительного известкового загрязнения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлся сосновый биогеоценоз, расположенный с северной стороны ЗАО «Марийский завод силикатного кирпича» (квартал 27 Силикатного участкового лесничества Республики Марий Эл). Завод действует с 1953 г. Основным компонентом выбросов является оксид кальция (известь негашеная) и пыль известняка. Кроме того, весомую долю выбросов составляет пыль SiO₂.

Для оценки влияния интенсивности загрязнения на фауну паукообразных нами заложено 5 пробных площадок, расположенных в основном биогеоценозе на разном удалении от источника загрязнения: пп № 1 – 100 м, № 2 – 130 м, № 3 – 190 м, № 4 – 280 м и № 5 – 340 м. Древостой на объекте исследования чисто сосновый разновозрастный (60+100 лет) II класса бонитета полнотой 0,6-0,7. На первых двух площадках подрост сосны средней густоты, а на остальных – редкий. Подлесок на первых двух площадках средней густоты из ракитника русского и ивы розмаринолистной, а на остальных очень редкий из можжевельника обыкновенного. Почва на всех площадках песчаная слабоподзолистая на древнеаллювиальных песках. Пробная площадка № 1 расположена на опушке леса, примыкающего к полотну железной дороги, и является, по сравнению с другими, более освещенной. На пробной площадке № 2 имеется действующий очаг корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), где произошел отпад сосны и образовалось «окно» диаметром 5 м.

Для отлова паукообразных использованы ловушки Барбера [1], которые были расположены в ряд перпендикулярно к линии, направленной к источнику загрязнения. На каждой площадке было установлено по 5 ловушек, расстояние между которыми составляло 10 м. Сбор из ловушек проводили 2 раза в месяц с 30 апреля по 29 сентября 2010 г. (исполнитель М.И. Майшанова). Опреде-

Майшанова Маргарита Ивановна, асп., e-mail: maishanova@rambler.ru; Краснобаев Юрий Петрович, к.б.н., e-mail: zhr@samtel.ru; Демаков Юрий Петрович, д.б.н., проф., e-mail: demakovYP@marstu.net; Чемерис Алексей Николаевич, м.н.с., e-mail: opiliones@mail.ru.

ление фауны пауков проведено Ю.П. Краснобаевым [4], а сенокосцев – А.Н. Чемерисом [11, 16].

Для количественной оценки структурной организации фауны пауков и сенокосцев нами были использованы следующие индексы, широко применяемые в биогеоценологии [2, 5, 6]: 1) видовой богатства; 2) видовой насыщенности, соответствующей числу видов, приходящихся на одну ловушку; 3) бета-разнообразия Уиттекера $\beta = ВБ/ВН - 1$; 4) сложности Симпсона-Гибсона $SG = 1/\sum(p_i)^2$; 5) выравненности сообщества $E = GS/ВБ$; 6) доминирования Бергера-Паркера, равного обратной величине доли доминирующего вида, т.е. $BP = 1/p_{max}$. Для сравнительной оценки степени сходства видовой структуры пауков на разных площадках использовали коэффициент количественного сходства Жаккара, который, по сравнению с другими коэффициентами, является более обоснованным [14] и вычисляется по формуле $K_g = \sum \min(A,B) / \sum \max(A,B)$, где $\min, \max(A,B)$ – соответственно, минимум и максимум из пары значений показателей сравниваемых рядов А и В. Произведен также подбор функций, опи-

сывающих распределение численности видов по градиенту загрязнения [3].

Исходные данные обработаны на ПК с использованием пакетов стандартных программ Excel и Statistica, позволивших провести кластерный анализ, а также расчет индексов видовой структуры фауны пауков (обработка и анализ собранного материала проведены М.И. Майшиановой и Ю.П. Демаковым).

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ материалов сбора показал, что наиболее представительной группой в сообществе явились сенокосцы (табл. 1), на долю которых пришлось 79,4% численности всех отловленных особей (3126 экз. сенокосцев из 3936 экз. паукообразных). В видовом же отношении в фауне паукообразных они занимают очень малую долю, т.к. представлены всего 2 видами *Odiellus lendli* Soetensen и *Phalangium opilio* L., первый из которых является абсолютным доминантом. В популяции *Odiellus lendli* преобладают нимфы, а на долю самок приходится от 31% до 62,2% численности.

Таблица 1. Распределение численности сенокосцев на учетных площадках

Номер пробной площадки	Численность <i>Odiellus lendli</i>						Численность <i>Phalangium opilio</i>		
	Абсолютная, экз.			Относительная, %			самок	самцов	нимф
	самок	самцов	нимф	самок	самцов	нимф			
1	322	22	694	31,0	2,1	66,9	2	0	9
2	261	12	522	32,8	1,5	65,7	3	0	3
3	242	18	186	54,3	4,0	41,7	0	1	4
4	192	15	222	44,8	3,5	51,8	1	1	0
5	243	15	133	62,2	3,8	34,0	0	0	3

Расчеты показали, что абсолютная численность особей *Odiellus lendli* четко убывает по мере удаления от источника загрязнения (рис. 1), а доля самок возрастает, что аппроксимируют с высокой точностью соответствующие уравнения регрессии (табл. 2). Изменение абсолютной численности этого вида по градиенту загрязнения связано, на наш взгляд, в основном с объемом его кормовой базы, в качестве которой выступают либо мелкие членистоногими, либо детрит, богатый микрофлорой. Это предположение, однако, требует дополнительного изучения.

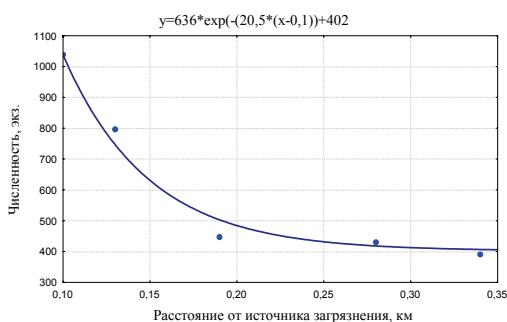


Рис. 1. Изменение численности сенокосца *Odiellus lendli* по градиенту загрязнения

Фауна пауков, число отловленных половозрелых особей которых составило 507 экз., довольно богата и представлена 62 видами, относящихся к 15 семействам и 49 родам (табл. 3). В сборах отмечены находки 5 новых для Республики Марий Эл видов пауков: *Nuctenea umbratica* Clerck, *Berlandina cinerea* Menge, *Walckenaeria clavicornis* Emerton, *Walckenaeria corniculans* O.P.-Cambridge, *Sitticus zimmermanni* Simon. Массовыми являются 5 видов: *Xerolycosa nemoralis* (70 экз., или 13,8%), *Hahnia ononidum* (68 экз., 13,4%), *Agyneta rurestris* (45 экз., 8,9%), *Ozyptila praticola* (45 экз., 8,9%) и *Trochosa terricola* (32 экз., 6,3%), что составляет половину (260 экз., 51,3%) численности фауны пауков. Среди представленной фауны пауков есть виды, которые встречены только на пробной площадке № 1 в зоне наибольшего известкового загрязнения (*Dictyna vicina*, *Lathys humilis*, *Eresus cinnabarinus*, *Drassodes pubescens*, *Erigone atra*, *Walckenaeria furcillata*, *Asianellus festivus*, *Evarcha laetabunda*, *Sitticus saltator*, *Sitticus saxicola*, *Sitticus zimmermanni*, *Pachygnatha degeeri*, *Dipoena tristis*, *Steatoda phalerata*), однако их численность очень мала. Появление данных видов связано, возможно, с опушечным эффектом, который является дополнительным искажающим фактором.

Зоне наименьшего загрязнения свойственны 3 вида, которые встречаются только на пробной площадке № 5: *Hahnia pusilla*, *Helophora insignis*, *Philodromus aureolus*. На объекте исследования в сборах присутствовали 299 неполовозрелых особей, из которых 105 без пола, 147 самок и 47 самцов (табл. 4).

Таблица 2. Математические уравнения, отображающие зависимость численности *Odiellus lendli* по градиенту известкового загрязнения

Показатель	Уравнение	R ²
Численность всех особей, экз.	$Y = 636,0 \cdot \exp[-20,5 \cdot (X-0,1)] + 402,0$	0,982
Численность самок, экз.	$Y = 99,0 \cdot \exp[-28,6 \cdot (X-0,1)] + 223,0$	0,824
Численность нимф, экз.	$Y = 529,0 \cdot \exp[-19,3 \cdot (X-0,1)] + 165,0$	0,950
Доля самок, %	$Y = 70,6 \cdot (X-0,1)^{0,64} + 30,2$	0,726
Доля нимф, %	$Y = 24,9 \cdot \exp[-14,1 \cdot (X-0,1)] + 42,0$	0,705

Примечание: X – расстояние от источника загрязнения, км, R² – коэффициент детерминации уравнения.

Таблица 3. Таксономическая структура фауны пауков на объекте исследования

Семейство	Род	Вид	Число особей, отловленных на площадках					
			1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Aganeidae	Cercidia	1. <i>Cercidia prominens</i> Westring	0	7	5	6	3	
	Nuctenea	2. <i>Nuctenea umbratica</i> Clerck	0	0	1	0	0	
Clubionidae	Clubiona	3. <i>Clubiona caerulescens</i> L. Koch	1	0	0	0	1	
		4. <i>Clubiona subsultans</i> Thorell	0	1	0	0	0	
Dictynidae	Dictyna	5. <i>Dictyna arundinacea</i> L.	3	1	0	0	0	
		6. <i>Dictyna vicina</i> Simon	1	0	0	0	0	
	Lathys	7. <i>Lathys humilis</i> Blackwall	1	0	0	0	0	
Eresidae	Eresus	8. <i>Eresus cinnabarinus</i> Olivier	1	0	0	0	0	
Gnaphosidae	Berlandina	9. <i>Berlandina cinerea</i> Menge	0	0	0	1	0	
	Drassodes	10. <i>Drassodes pubescens</i> Thorell	1	0	0	0	0	
	Gnaphosa	11. <i>Gnaphosa muscorum</i> L. Koch	0	1	0	1	0	
	Haplodrassus	Haplodrassus	12. <i>Haplodrassus cognatus</i> Westring	0	1	0	0	0
			13. <i>Haplodrassus signifer</i> C.L. Koch	1	0	0	1	0
			14. <i>Haplodrassus silvestris</i> Blackwall	3	0	0	1	0
			15. <i>Haplodrassus umbratilis</i> L. Koch	10	3	4	2	5
	Micaria	16. <i>Micaria silesiaca</i> L. Koch	0	1	1	0	0	
	Zelotes	17. <i>Zelotes subterraneus</i> C.L. Koch	4	5	2	4	7	
Hahnidae	Hahnia	18. <i>Hahnia ononidum</i> Simon	14	14	17	13	10	
		19. <i>Hahnia pusilla</i> C.L. Koch	0	0	0	0	2	
Linyphiidae	Agyneta	20. <i>Agyneta rurestris</i> C.L. Koch	12	8	14	5	6	
	Bathyphantes	21. <i>Bathyphantes nigrinus</i> Westring	0	0	1	0	0	
	Erigone	22. <i>Erigone atra</i> Blackwall	1	0	0	0	0	
	Walckenaeria	Walckenaeria	23. <i>Helophora insignis</i> Blackwall	0	0	0	0	1
			24. <i>Walckenaeria clavicornis</i> Emerton	0	0	0	1	0
			25. <i>Walckenaeria corniculans</i> O. P.-Cambridge	0	0	0	1	0
			26. <i>Walckenaeria cucullata</i> C.L. Koch	0	1	0	0	0
			27. <i>Walckenaeria atrotibialis</i> O. Pickard-Cambridge	0	0	1	1	0
			28. <i>Walckenaeria furcillata</i> Menge	1	0	0	2	0
		29. <i>Walckenaeria obtusa</i> Blackwall	0	0	1	1	1	
Liocranidae	Agroeca	30. <i>Agroeca brunnea</i> Blackwall	0	0	0	0	1	
	Phrurolithus	31. <i>Phrurolithus festivus</i> C.L. Koch	0	1	1	0	0	
Lycosidae	Pardosa	32. <i>Pardosa agrestis</i> Westring	0	0	0	1	0	
		33. <i>Pardosa lugubris</i> Walckenaer	1	1	2	3	1	
		34. <i>Pardosa pullata</i> Clerck	0	1	0	0	1	
	Tarentula	35. <i>Tarentula aculeata</i> Clerck	4	1	2	7	3	
		36. <i>Tarentula fabrilis</i> Clerck	2	2	0	0	1	
Lycosidae	Trochosa	37. <i>Trochosa ruricola</i> De Geer	0	0	0	2	1	
	Trochosa	38. <i>Trochosa terricola</i> Thorell	7	6	4	10	5	
	Xerolycosa	39. <i>Xerolycosa nemoralis</i> Westring	28	33	2	6	1	
Philodromidae	Philodromus	40. <i>Philodromus aureolus</i> Clerck	0	0	0	0	1	
		41. <i>Philodromus cespitum</i> Walckenaer	2	0	0	1	0	
		42. <i>Philodromus margaritatus</i> Clerck	1	0	1	1	1	

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
	Thanatus	43. <i>Thanatus formicinus</i> Clerck	0	0	2	0	0
			№1	№2	№3	№4	№5
	Asianellus	44. <i>Asianellus festivus</i> C.L. Koch	1	0	0	0	0
	Dendryphantes	45. <i>Dendryphantes rudis</i> Sundevall	0	0	0	1	0
Salticidae	Evarcha	46. <i>Evarcha falcata</i> Clerck	1	3	11	5	5
		47. <i>Evarcha laetabunda</i> C.L. Koch	2	0	0	0	0
	Neon	48. <i>Neon levis</i> Simon	5	7	8	0	4
	Sitticus	49. <i>Sitticus saltator</i> Simon	2	0	0	0	0
		50. <i>Sitticus saxicola</i> C.L. Koch	5	0	0	0	0
		51. <i>Sitticus zimmermanni</i> Simon	1	0	0	0	0
Synageles	52. <i>Synageles venator</i> Lucas	0	1	0	0	0	
Tetragnathidae	Pachygnatha	53. <i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall	2	0	0	0	0
Theridiidae	Dipoena	54. <i>Dipoena tristis</i> Hahn	1	0	0	0	0
	Euryopis	55. <i>Euryopis flavomaculata</i> C.L. Koch	2	0	5	2	0
	Robertus	56. <i>Robertus lividus</i> Blackwall	0	1	0	1	0
	Steatoda	57. <i>Steatoda phalerata</i> Panzer	1	0	0	0	0
Thomisidae	Xysticus	58. <i>Ozyptila praticola</i> C.L. Koch	28	14	3	0	0
		59. <i>Xysticus cristatus</i> Clerck	0	1	1	2	0
		60. <i>Xysticus luctuosus</i> Blackwall	0	1	0	0	1
		61. <i>Xysticus ulmi</i> Hahn	0	1	0	0	0
Titanoecidae	Titanoeca	62. <i>Titanoeca schineri</i> L. Koch	3	1	1	0	2
		Всего особей	153	118	90	82	64

Примечание. В данную таблицу не вошли 4 особи половозрелых пауков, вид которых не определен: 2 самки – *Clubiona* sp. (площадка № 2) и *Agyneta* sp. (площадка № 4); 2 самца *Linyphiidae* sp. (площадка № 2) и *Thanatus* sp. (площадка № 1).

Таблица 4. Таксономический состав неполовозрелых особей на объекте исследования

Семейство	Род	Число особей, отловленных на площадках				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Araneidae	1 Araneidae sp.	0	1	0	4	2
	2 Araniella sp.	0	0	1	0	0
	3 Cercidia sp.	0	0	1	0	0
	4 Hypsosinga sp.	0	0	1	0	0
	5 Singa sp.	0	0	0	1	1
Clubionidae	6 Cheiracanthium sp.	0	2	0	3	1
	7 Clubiona sp.	2	1	6	3	2
Dictynidae	8 Dictynidae sp.	1	0	0	0	0
	9 Dictyna sp.	1	0	0	0	0
Gnaphosidae	10 Gnaphosidae sp.	0	1	0	0	0
	11 Drassoides sp.	0	0	0	1	0
Gnaphosidae	12 Haplodrassus sp.	0	1	3	3	2
	13 Micaria sp.	1	0	0	0	0
Hahnidae	14 Zelotes sp.	4	2	4	4	0
	15 Hahnia sp.	1	0	1	0	0
Linyphiidae	16 Linyphiidae sp.	2	0	1	1	0
	17 Agyneta sp.	1	0	0	1	1
Linyphiidae	18 Lepthyphantes sp.	0	0	1	0	0
Linyphiidae	19 Walckenaeria sp.	0	0	2	0	1
Liocranidae	20 Phrurolithus sp.	0	1	2	0	0
Lycosidae	21 Lycosidae sp.	0	0	0	0	1
	22 Pardosa sp.	9	2	2	3	5
	23 Pirata sp.	0	0	0	0	1
	24 Tarentula sp.	1	8	13	13	10
	25 Trochosa sp.	2	12	6	13	8
	26 Xerolycosa sp.	3	18	8	3	7
	27 Philodromus sp.	3	1	4	5	2
Philodromidae	28 Thanatus sp.	3	0	0	0	0
	29 Tibellus sp.	0	0	2	0	0
	30 Euophrys sp.	0	2	0	0	0
Tetragnathidae	31 Evarcha sp.	2	4	5	2	4
	32 Neon sp.	1	0	0	0	0
	33 Sitticus sp.	4	2	0	1	0
	34 Tetragnatha sp.	0	0	0	1	0

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Theridiidae	35 Steatoda sp.	0	0	0	1	0
	36 Euryopis sp.	0	1	0	0	0
Thomisidae	37 Ozyptila sp.	6	10	0	4	1
	38 Xysticus sp.	1	0	0	1	0
Titanoecidae	39 Titanoecca sp.	1	0	0	0	1
Всего особей		49	69	63	68	50

Таблица 5. Матрица коэффициентов количественного сходства Жаккара видовой структуры пауков

Номер площадки	Значения коэффициентов Жаккара между площадками				
	1	2	3	4	5
1	1,00				
2	0,49	1,00			
3	0,29	0,38	1,00		
4	0,27	0,33	0,39	1,00	
5	0,26	0,34	0,41	0,40	1,00

Расчеты показали, что фауна пауков на пробных площадках изменяется по мере их удаления как от источника загрязнения, так и друг от друга. Наиболее сходен состав фауны между площадками № 1 и № 2, имеющих 49% количественного сходства (табл. 5), которые расположены друг от друга на расстоянии всего лишь 30 м. Сходство видовой структуры пауков площадки № 1 по мере удаления от нее стабилизируется, начиная с площадки № 3 и составляет 26-29%. Между составом аранеофауны площадок, наиболее удаленных от завода, сходство также невелико и изменяется от 39% до 41%, что свидетельствует о различии экологических условий и высокой чувствительности пауков к воздействию факторов среды.

Кластерный анализ, проведенный способом Варда по 24 видам, общее число отловленных особей которых превышало 2 экз., показал, что все виды пауков, присутствующие на площадках, объединяются между собой по взаимному сходству в три группы (рис. 2). В первый и второй кластеры вошло по 7 видов, а в 3 – 10.

Исследования показали, что численность пауков и параметры их видовой структуры по мере удаления от источника загрязнения закономерно изменяются (табл. 6). На большинство видов пауков загрязнение среды известкой пылью действует положительно: их численность, видовое богатство и видовая насыщенность наиболее высоки на площадке № 1. По мере удаления от источника загрязнения значения этих параметров закономерно снижаются, что аппроксимируют соответствующие уравнения регрессии (табл. 7). Ни у одного вида пауков не происходит четкого снижения обилия под действием загрязнения. В изменении значений остальных индексов видовой структуры аранеофауны подобной закономерности не отмечается, т.к. показатели на площадке № 2, где действует очаг корневой губки, в большинстве случаев нарушают стройность картины.

По мере удаления от источника загрязнения происходит перегруппировка одних массовых

видов другими (табл. 8), что связано, на наш взгляд, со сменой экологических условий и объемом кормовой базы этих видов пауков. На первых двух площадках доминантами являются *Xerolycosa nemoralis* и *Ozyptila praticola*, которые положительно реагируют на известковое загрязнение: их обилие резко уменьшается по мере удаления от завода. Начиная с третьей площадки наиболее обильным видом становится *Hahnia ononidum*, который входит в число массовых и на первых двух. Его численность наиболее высока на третьей площадке, однако он является довольно индифферентным к известковому загрязнению. Для остальных 5 массовых видов (*Zelotes subterraneus*, *Agyneta rurestris*, *Tarentula aculeata*, *Trochosa terricola* и *Evarcha falcata*) характерно неравномерное распределение численности по градиенту загрязнения: на пробной площадке № 3 отмечается резкое возрастание обилия *Agyneta rurestris*, *Evarcha falcata*, на площадке № 4 – *Tarentula aculeata*, *Trochosa terricola*, а на площадке № 5 – *Zelotes subterraneus*, что свидетельствует о положительной реакции данных видов пауков на определенную концентрацию известкового загрязнения. Суммарная абсолютная численность трех массовых видов пауков постепенно уменьшается по мере удаления от источника загрязнения, а их относительная численность наиболее велика на площадке № 2, что связано, вероятно, с воздействием очага корневой губки.

Многие параметры видовой структуры пауков, как показали расчеты (табл. 9), связаны между собой. Особенно интересным представляется факт связи видового богатства и видовой насыщенности пауков с их численностью, что является вполне естественным, так как с увеличением числа отловленных особей возрастает вероятность обнаружения новых видов. Таким образом, индекс видового богатства не является сам по себе показателем степени известкового загрязнения среды.

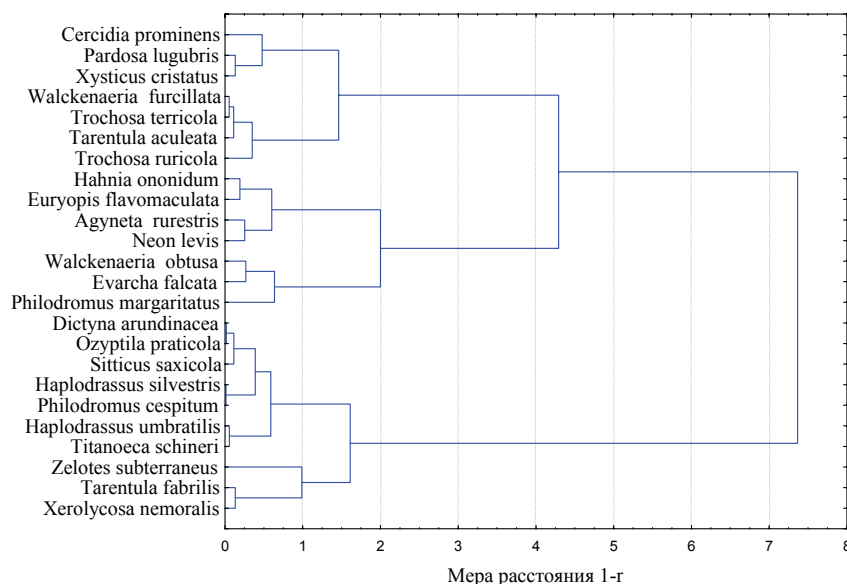


Рис. 2. Дендрограмма сходства видовой структуры пауков по их численности

Таблица 6. Значение показателей видовой структуры пауков на пробных площадках

Показатель	Значения показателей на пробных площадках				
	1	2	3	4	5
Общее число пауков, экз. (N)	153	118	90	82	64
Видовое богатство (ВБ)	34	27	23	27	23
Видовая насыщенность (ВН)	14,6	11,2	10	9,8	8,8
Индекс β -разнообразия Уиттекера	1,33	1,41	1,30	1,86	1,61
Индекс Симпсона-Гибсона (SG)	10,6	8,0	10,3	13,5	13,0
Индекс выравненности (Е)	0,31	0,30	0,45	0,50	0,57
Индекс Бергера-Паркера (BP)	29,9	12,8	28,0	39,8	41,0
Доля массовых видов по численности, % (D)	45,8	51,7	46,7	36,2	35,9

Таблица 7. Математические уравнения, отображающие зависимость численности пауков по градиенту известкового загрязнения

Показатель	Уравнение	R ²
Численность пауков (имаго и нимф), экз.	$Y = 130,0 \cdot \exp[-4,0 \cdot (X-0,1)] + 73,0$	0,917
Численность половозрелых пауков (♀,♂), экз.	$Y = 85,0 \cdot \exp[-15,4 \cdot (X-0,1)] + 69,0$	0,973
Численность самок пауков, экз.	$Y = 18,1 \cdot \exp[-9,5 \cdot (X-0,1)] + 16,9$	0,925
Численность самцов пауков, экз.	$Y = 67,0 \cdot \exp[-17,8 \cdot (X-0,1)] + 52,0$	0,965
Видовое богатство	$Y = 9,8 \cdot \exp[-46,6 \cdot (X-0,1)] + 24,4$	0,862
Видовая насыщенность	$Y = 5,2 \cdot \exp[-32,7 \cdot (X-0,1)] + 9,4$	0,968
Численность <i>Xerolycosa nemoralis</i> , экз.	$Y = 27,0 \cdot \exp[-11,4 \cdot (X-0,1)] + 1,0$	0,737
Численность <i>Ozyptila praticola</i> , экз.	$Y = 8,0 \cdot \exp[-23,8 \cdot (X-0,1)]$	0,999
Численность трех массовых видов, экз.	$Y = 58,2 \cdot \exp[-6,7 \cdot (X-0,1)] + 11,8$	0,996

Увеличение численности пауков приводит к снижению индексов β -разнообразия, Симпсона-Гибсона и особенно, выравненности их видовой структуры. Наиболее тесно связаны между собой индексы видового богатства и видовой насыщенности, видовой насыщенности и выравненности, β -разнообразия и Симпсона-Гибсона, Симпсона-Гибсона, выравненности и Бергера-Паркера, что свидетельствует о их сходной информационной значимости. Менее всего коррелируют между собой индексы видового богатства, β -

разнообразия, Симпсона-Гибсона и Бергера-Паркера, которые имеют различный информационный смысл.

На пробной площадке № 2 были отловлены самка и самец *Zelotes subterraneus*, которые отличались строением от своих сородичей (рис. 3). Самка имела больше щетинок на поверхности тела, то есть была более «лохматой», а самец отличался более светлой окраской. Причины, вызвавшие изменение морфологии, пока не известны.

Таблица 8. Численность массовых видов на каждой пробной площадке

Номер пробной площадки	Массовые виды пауков	Численность пауков	
		абсолютная, экз.	относительная, %
1	<i>Xerolycosa nemoralis</i>	28	18,3
	<i>Ozyptila praticola</i>	28	18,3
	<i>Hahnia ononidum</i>	14	9,2
	Общая численность	70	45,8

2	<i>Xerolycosa nemoralis</i>	33	28,0
	<i>Ozyptila praticola</i>	14	11,9
	<i>Hahnia ononidum</i>	14	11,9
	Общая численность	61	51,8
3	<i>Hahnia ononidum</i>	17	18,9
	<i>Agyneta rurestris</i>	14	15,6
	<i>Evarcha falcata</i>	11	12,2
	Общая численность	42	46,7
4	<i>Hahnia ononidum</i>	13	15,7
	<i>Trochosa terricola</i>	10	12,0
	<i>Tarentula aculeata</i>	7	8,4
	Общая численность	30	36,1
5	<i>Hahnia ononidum</i>	10	15,6
	<i>Zelotes subterraneus</i>	7	10,9
	<i>Agyneta rurestris</i>	6	9,4
	Общая численность	23	35,9

Таблица 9. Матрица коэффициентов корреляции между параметрами видовой структуры пауков

Параметр	Значения коэффициента корреляции между параметрами							
	N	ВБ	ВН	β	SG	E	BP	D
N	1,00							
ВБ	0,86	1,00						
ВН	0,98	0,90	1,00					
β	-0,58	-0,11	-0,52	1,00				
SG	-0,59	-0,12	-0,43	0,79	1,00			
E	-0,92	-0,67	-0,82	0,60	0,81	1,00		
BP	-0,55	-0,12	-0,37	0,65	0,98	0,81	1,00	
D	0,66	0,21	0,51	-0,80	-0,98	-0,86	-0,96	1,00



Самец с нормальной окраской



«Светлый» самец



Самка с нормальной опушенностью



«Лохматая» самка

Рис. 3. Особи паука *Zelotes subterraneus* с нормальной и измененной морфологией

ВЫВОДЫ

1. Наиболее представительной по численности группой в фауне паукообразных соснового биогеоценоза, испытывающего длительное загрязнение известковой пылью, явились сенокосцы. В видовом же отношении они занимают очень малую долю, т.к. представлены всего двумя видами *Odiellus lendli* Soerensen и *Phalangium opilio* L., первый из которых является абсолютным доминантом.

2. Численность самок и нимф *Odiellus lendli* четко убывает по мере удаления от источника загрязнения, а доля самок возрастает.

3. Фауна пауков довольно богата и представлена 62 видами, относящихся к 15 семействам и 49 родам. В сборах отмечены находки 5 новых для Республики Марий Эл видов пауков: *Nuctenea umbratica* Clerck, *Berlandina cinerea* Menge, *Walckenaeria clavicornis* Emerton, *Walckenaeria*

corniculans O.P.-Cambridge, *Sitticus zimmermanni* Simon.

4. Численность пауков и параметры их видовой структуры по мере удаления от источника загрязнения закономерно изменяются.

5. По мере удаления от источника загрязнения происходит перегруппировка одних массовых видов другими. На первых двух площадках доминантами являются *Xerolycosa nemoralis* и *Ozyptila praticola*, которые являются четкими индикаторами известкового загрязнения. Начиная с третьей пробной площадки, они сменяются видами *Hahnia ononidum*, *Agyneta rurestris*, *Evarcha falcata*, *Trochosa terricola*, *Tarentula aculeata*, *Zelotes subterraneus*. Вид *Hahnia ononidum* входит в число массовых, но является довольно индифферентным к известковому загрязнению.

6. На большинство видов пауков загрязнение среды известковой пылью действует положительно и ни у одного из них не происходит четкого сни-

жения обилия под действием загрязнения. Известковое загрязнение не повлияло существенным образом на видовое богатство аранеофауны. Наиболее информативным показателем известкового загрязнения является общая численность паукообразных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиляров М.С. Учет крупных беспозвоночных животных (мезофауна) // Количественные методы в почвенной зоологии. М.: Наука, 1987. С. 9-26.
2. Демаков Ю.П. Структурная организация комплексов насекомых-ксилобионтов сосняков // Экология и леса Поволжья: сб. науч. статей. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. Вып. 2. С. 349-365.
3. Демаков Ю.П. Унифицированные математические модели динамики природных процессов // Экологические основы рационального лесопользования в Среднем Поволжье: материалы научно-практич. конф. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. С. 72-76.
4. Краснобаев Ю.П. Каталог пауков (*Aranei*) Среднего Поволжья. Самара, 2004. 213 с.
5. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.
6. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 286 с.
7. Прокопенко Е.В., Жуков А.В. Морфометрическая изменчивость и морфологическое разнообразие популяций *Pardosa lugubris* (Walckenaer, 1802) (*Araneae*, *Lycosidae*) в градиенте условий урбанизации // Вісник Донецького університету. Сер.А. Біологія. Природничі науки. 2008, вип. 1. С.311-319.
8. Сидоренко М.В. Беспозвоночные – индикаторы состояния природных комплексов в условиях большого города (на примере г. Нижнего Новгорода) // Изв. Самар. НЦ РАН. 2001. Т. 3, № 2. С. 358-366.
- Сидоренко М.В. Фауна и экология пауков и сенокосцев (*Arachnida: Aranei, Opiliones*) Керженского заповедника: материалы по фауне Нижегородского Заволжья // Тр. Государственного природного заповедника «Керженский». – Нижний Новгород, 2002. Т. 2. С. 115-133.
10. Танасевич А.В., Рыбалов Л.Б., Камаев И.О. Динамика почвенной мезофауны в зоне техногенного воздействия // Лесоведение. 2009. № 6. С. 63-72.
11. Чевризов Б.П. Краткий определитель сенокосцев (*Opiliones*) Европейской части СССР // Фауна и экология паукообразных. Труды Зоол. Ин-та АН СССР. 1979. Т. 85. С. 4-27.
12. Чемерис А.Н. К экологии *Mitopus morio* (Fabricius, 1779) (*Opiliones: Phalangidae*) в условиях юго-востока Томской области // Экология и рациональное природопользование на рубеже веков. Итоги и перспективы: материалы международной конференции (14-17 марта 2000). Томск, 2000. Т. III. С. 115-116.
13. Штернбергс М.Т. Воздействие выбросов цементного завода на пауков (*Aranei*) подстилки леса // Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью. Рига: Зинатне, 1986. С. 101-109.
14. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: ЛГУ, 1980. 176 с.
15. Chemeris A.N., Kovblyuk N.M. Contribution to the knowledge of the harvestman fauna of the Crimea (*Arachnida: Opiliones*) / A.N. Chemeris, // *Arthropoda Selecta*. 2005. №14(4). P.305-328.
16. Heime, S., Nentwig W. Spinnen Mitteleuropas: ein Bestimmungsbuch. Berlin-Hamburg: Parey, 1991. 543 s.

IMPACT OF LONG EFFECT OF LIME DUST EMISSION ON SPIDERY FAUNA OF PINE BIOGEOCENOSE

© 2012 M.I. Maishanova¹, Y.P. Krasnobaev², Y.P. Demakov¹, A.N. Chemeris³

¹ Mari State Technical University, Yoshkar-Ola

² Zhiguli State Natural Reserve named after I.I. Sprygyn, Bakhilov Polyana

³ Tomsk State University,

Institute of Biology, Ecology, Soil Studies, Agriculture and Forestry, Tomsk

The article provides data on impact of long effect of lime dust, disposed into atmosphere by the lime-sand brick enterprise, on number and complex structure of spidery animals (*Arachnida: Aranei, Opiliones*) of pine biogeocenose. 62 species of spider were determined, including 5 new for Mari El Republic, and 2 species of cellar-spider. There were identified most informative bio indicative factors of complex structure of arachnids for diagnosis of effect level of long lime pollution on pine biogeocenose.

Key words: spiders, cellar-spider, lime pollution, pine biogeocenose, bioindication.