



ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МАКРОФАУНЫ НА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ВЫРУБКАХ В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ



Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

На фото представлена сплошная рубка с сохранением естественного лесовозобновления

Разновозрастные вырубki



более 25% лесной территории Республики Коми затронуто различными способами рубок

Гипотеза

Может ли пространственное = микростациональное распределение беспозвоночных, связанное со спецификой экологических условий вблизи стволов деревьев, под их кроной и в межкроновом пространстве, быть одним из механизмов сохранения стабильности почвенной биоты после рубки леса?

Цель исследования

охарактеризовать пространственное распределение крупных почвенных беспозвоночных после рубки елового леса: на пасеках и волоках 1-4-летней, 27-35-летней и 50-55-летней вырубок, а также сравнить полученные данные с контролем.

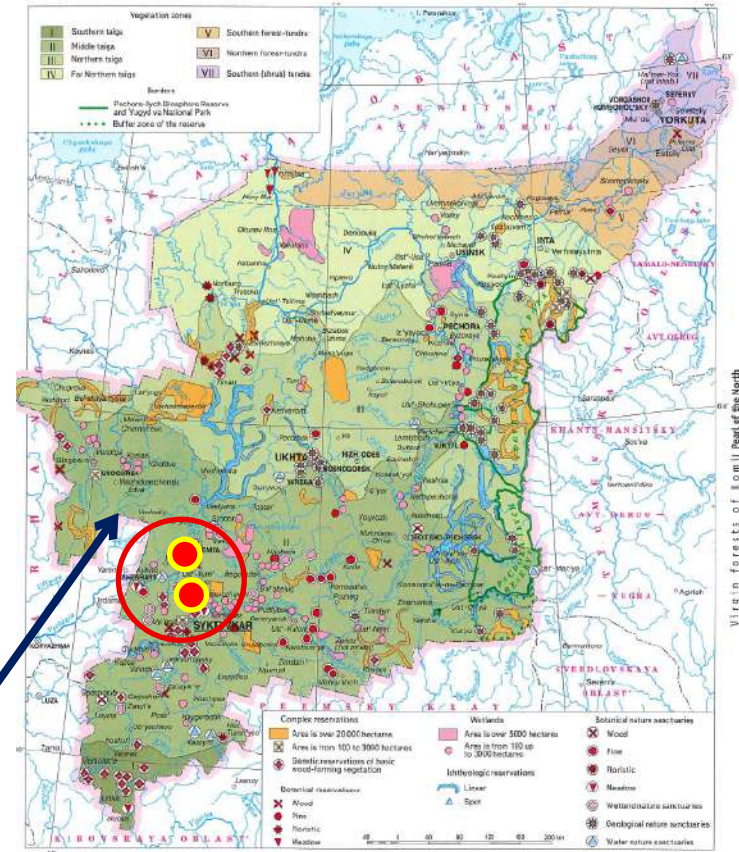
Район исследования: Республика Коми, подзона средней тайги



Сыктывдинский район — исходное сообщество до рубки представлено разновозрастным хвойно-лиственным древостоем, прошедшим через низовые пожары и выборочные рубки крупных хвойных деревьев около 60 лет назад. В декабре 2020 г. на данном участке была проведена сплошная рубка. Отбор проб проведен в 2024 г., на свежей вырубке, на волоках с трехкратным и десятикратным проходом форвардера (3П и 10П соответственно), а также на участках, выравненных после десяти проходов форвардера (10Р). Выравнивание включает срезание колеи, удаление подстилки и порубочных остатков на близлежащую территорию. Кроме этого, были заложены пасечные участки (П), с которых вырубались деревья, но почвы здесь механически не нарушены.

Княжпогостский район — в 27-35-летнем березово-еловом насаждении разнотравного типа (БЕ) и 50-55-летнем осиново-березовом насаждении чернично-разнотравного типа (ОБ), развивающихся после проведенных в 70-90-х гг. XX века рубок, были обследованы участки пасек и волоков, в контрольных ельниках чернично-сфагновом (Е1) и разнотравно-черничном (Е2).

Protected areas of the Republic of Komi



Сукцессионный ряд представлен следующими стадиями:

- 1) открытая (до 5 лет)
- 2) зрелые лиственные насаждения (27-35-, 50-55-летняя вырубки)
- 3) контрольные ельники (130-160 лет)

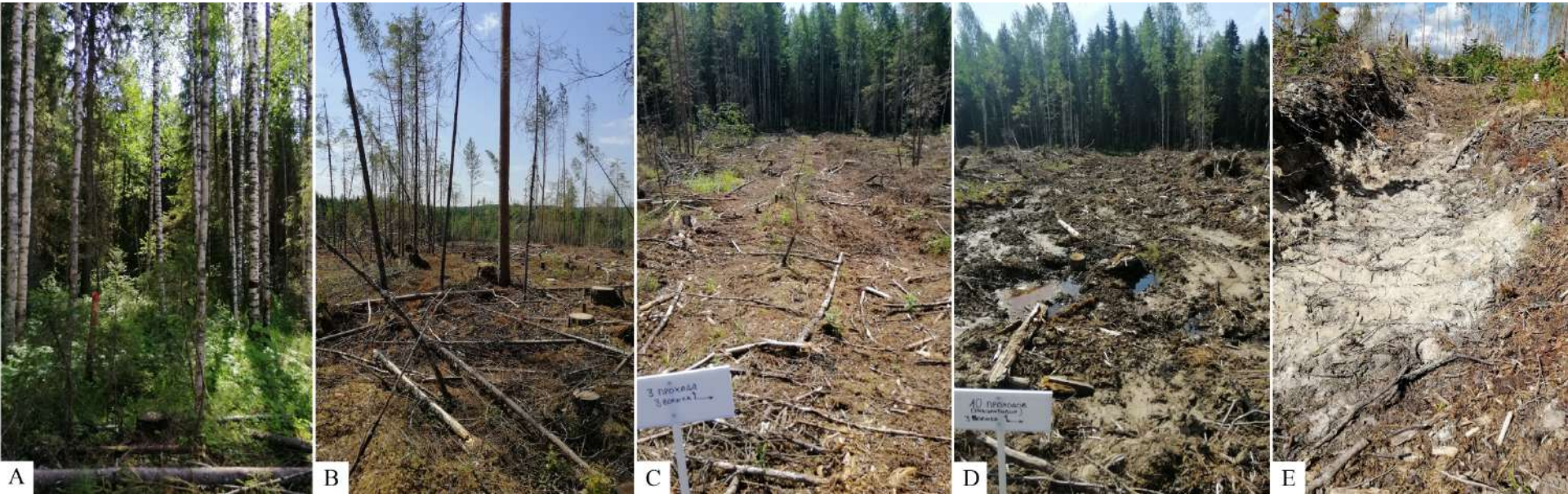


Рис. Технологические площадки («открытая» стадия)

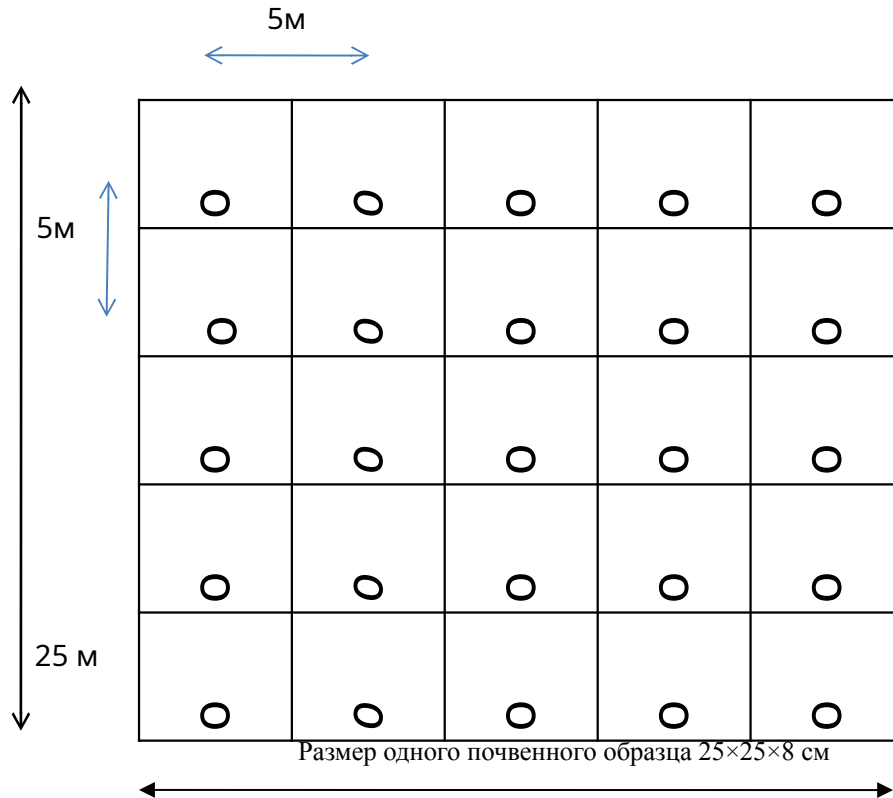
А – контроль (К), В – пасека (П), С – волок с тремя проходами техники (3П), D – волок с 10 проходами техники (10П), E – рекультивируемый волок (10Р, вспашка).

Характеристика материала, собранного на разновозрастных вырубках в 2024 г.

Участок	Характеристика участка	Число крупных таксонов		Количество экземпляров беспозвоночных		
		июнь	август	июнь	август	итого
10Р+П	рекультивируемый волок + пасека на 4-летней вырубке	6	11	218	111	329
10П+П	волок с десятью проходами техники + пасека на 4-летней вырубке	10	9	210	103	313
3П+П	волок с тремя проходами техники + пасека на 4-летней вырубке	7	13	150	148	298
БЕ	волок + пасека в 27-35-летнем березово-еловом лесу	10	11	103	106	209
ОБ	волок + пасека в 50-55-летнем осиново-березовом лесу	9	9	58	129	187
Е1	ельник чернично-бруснично-контроль	11	12	163	156	319
Е2	ельник чернично-зеленомошный-контроль	10	13	45	161	206

Отбор почвенных проб для учета крупных беспозвоночных был произведен в июне и августе 2024 г. На «свежих» вырубках (10Р+П, 10П+П, 3П+П), в «зрелых» лиственных насаждениях (БЕ, ОБ) и контрольных ельниках (Е1, Е2) было выбрано семь пробных площадок (ПП), каждая размером 25х25 м. Участки: 10Р+П, 10П+П, 3П+П, БЕ и ОБ представляют собой смешанные ПП, с волоками и пасеками, так как ширина волока и пасечного участка при используемой технологии заготовки древесины составляет 12-15 м, и учет беспозвоночных был проведен в таких вариантах, чтобы соответствовать стандартному размеру ПП.

Сеточный метод отбора проб



Рассчитывали **среднее значение численности беспозвоночных** на участок и стандартную ошибку ($N \pm SE$), вычисляли **среднее значение температуры подстилки** ($T_{п}$, °C) и **относительной влажности почвы** (W , %) на каждом участке.

Степень агрегированности особей оценивали при помощи **индекса Кейси** по формуле: $I_c = (S^2 - M)/M^2$, где M – средняя численность данной группы, S^2 – дисперсия. При $I_c < 0$ – распределение равномерное, при $I_c = 0$ – случайное, при $I_c > 0$ – агрегированное.

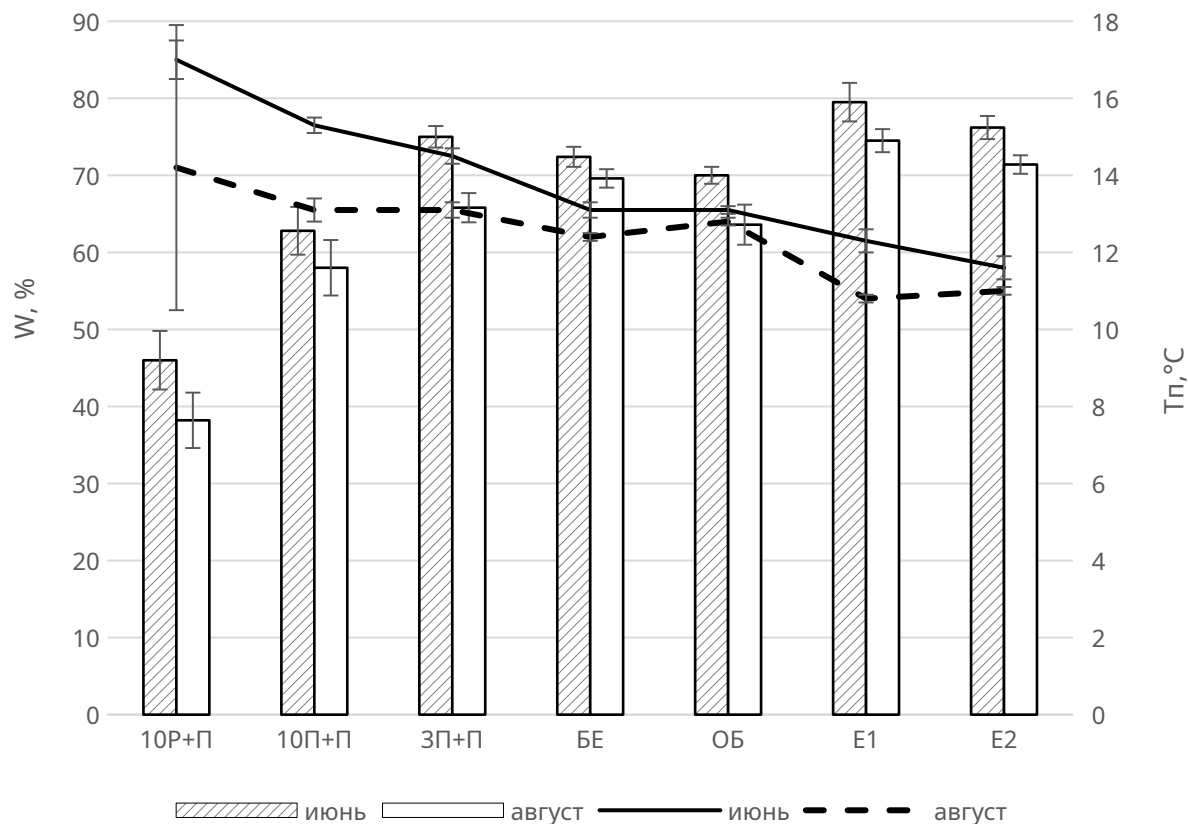
Связь пространственного распределения почвенных беспозвоночных с температурой подстилки и влажностью почвы оценивали с помощью **коэффициента корреляции Спирмена (r)**, анализ которого проводили на основе логарифмированных данных по численности таксономических и трофических групп беспозвоночных и показателям температуры и влажности ($x = \ln(n + 1)$, где n – первичные данные).

При отборе почвенных образцов были охарактеризованы микростации:

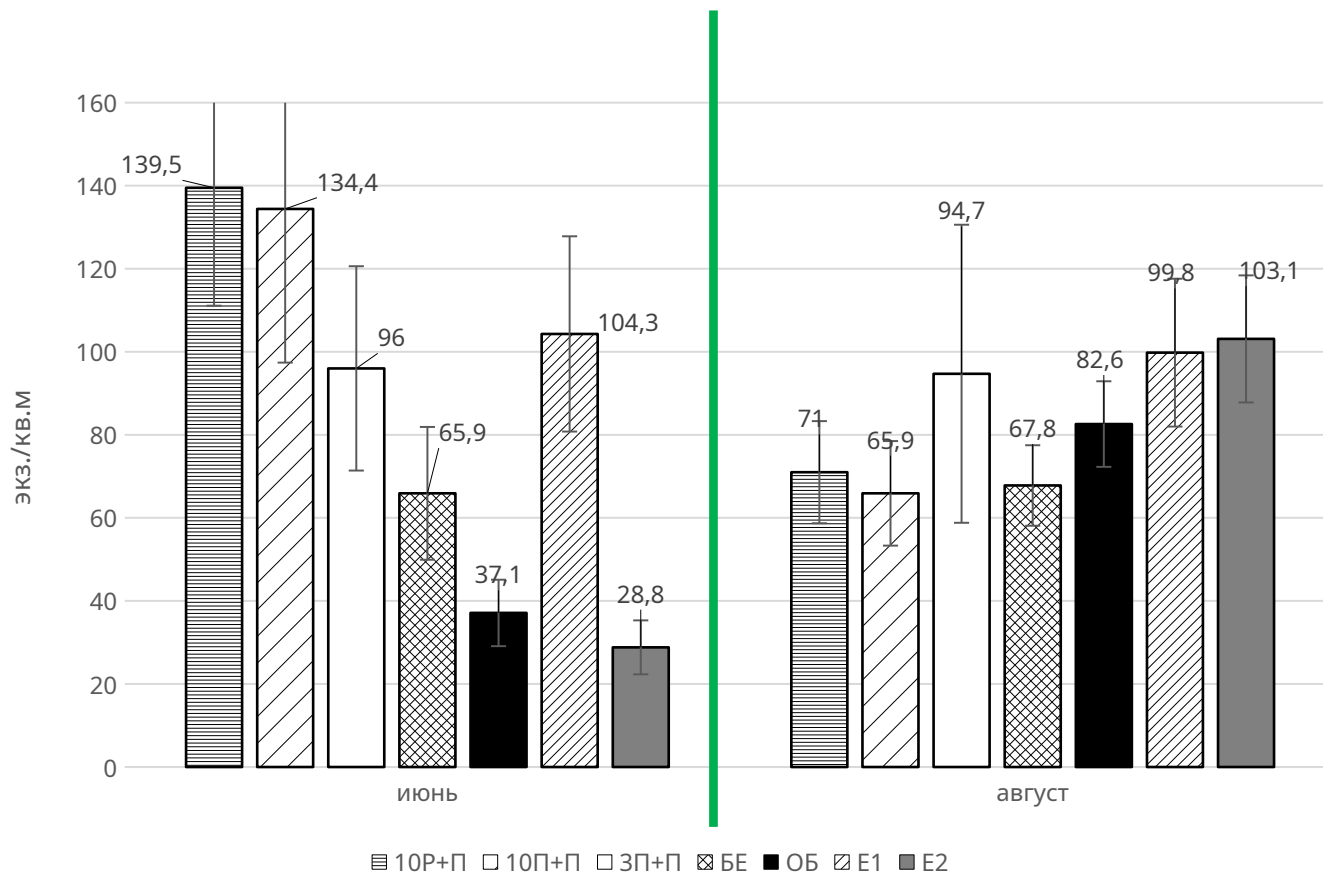
на волоках 3П и 10П – обочина (зона контакта с пасекой), грива (наименее нарушенная микростация), коlea (наиболее нарушенная микростация),
на волоке 10Р – обочина (зона контакта с пасекой), центр волока (характерны турбация почвенных горизонтов и отсутствие напочвенного покрова),
на пасеке П свежей вырубке – у пня, вблизи подростa, в «окне»,
на волоках и пасеках лиственных насаждений и в контрольных ельниках – у ствола дерева, под кроной дерева и в межкрупной позиции.

Для обработки результатов были применены описательная статистика в Microsoft Office Excel 2016, программа PAST.

Температура (T_p , °C, сплошная и пунктирная линии на графике) и влажность (W , %, столбчатая диаграмма на графике) почвы на разновозрастных вырубках и в контрольных ельниках.



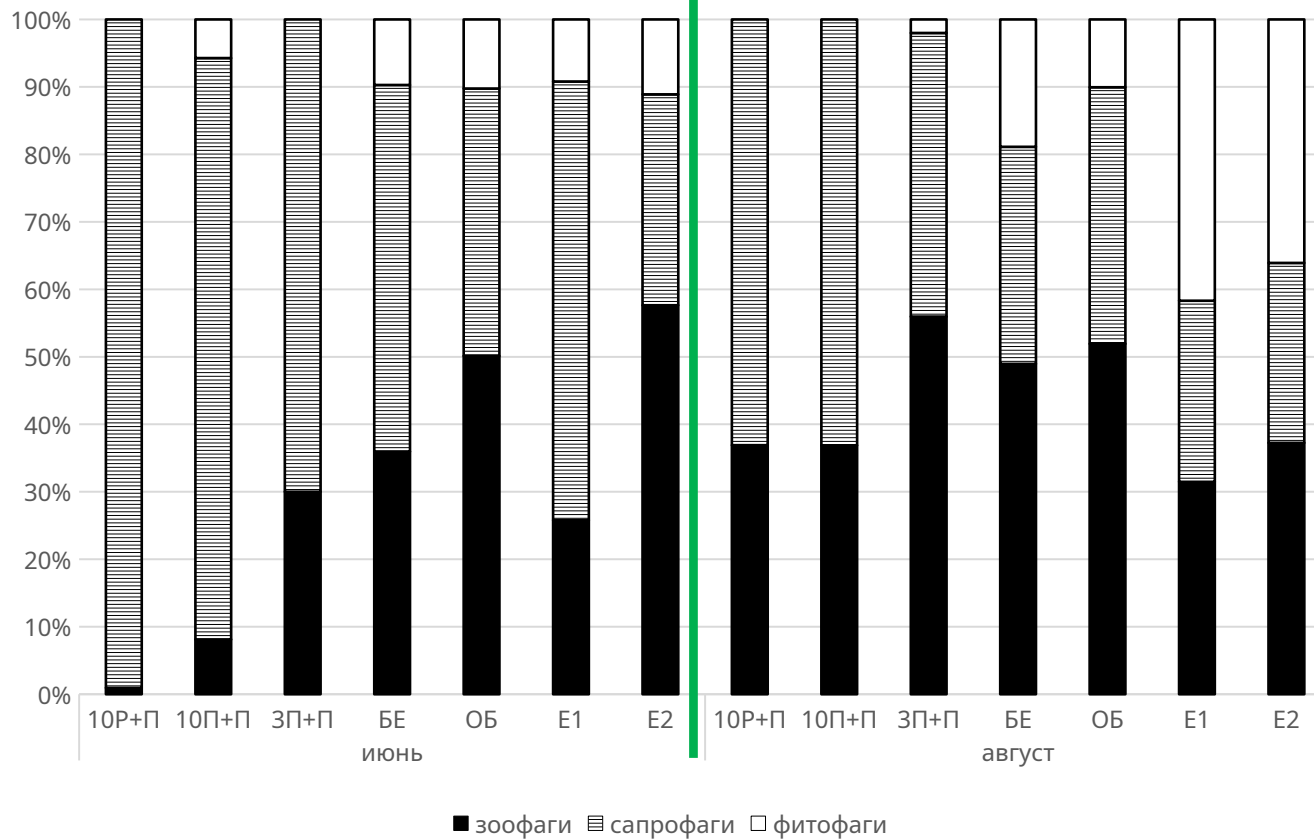
Численность макрофауны на разновозрастных вырубках и в контрольных ельниках



Таксономическая структура макрофауны на разновозрастных вырубках и в контрольных ельниках

Таксон	10Р+П		10П+П		ЗП+П		БЕ		ОБ		Е1		Е2	
	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август
Aranei		1,9+1,1	1,3+0,9	2,6+1,2		2,6+1,5	1,3+0,9	3,2+1,3	2,6+1,2	2,6+1,5	0,6+0,6	6,4+2,3	2,6+1,5	10,9+3,8
Lithobiidae		1,9+1,1	1,9+1,4	3,2+1,6	5,1+2,4	3,8+1,7	3,2+1,3	7,0+2,5	6,4+2,3	19,2+3,2	4,5+1,9	2,6+1,2	3,8+1,6	5,1+1,8
Carabidae, im+ larv		3,2+2,1	4,5+2,4		2,6+1,2	2,6+1,5	1,9+1,1	2,6+1,2	1,3+0,9	1,9+1,1	7,7+2,3	2,6+1,8	2,6+1,8	1,3+0,9
Staphylinidae, im+larv	0,6+0,6	3,8+1,4		4,5+1,9	1,3+0,9	3,2+1,8	3,8+1,7	2,6+1,6	1,3+1,2	9,0+2,6	8,3+4,5	5,1+2,2	3,8+1,6	5,8+2,8
Cantharidae, larv	0,6+0,6	12,2+5,4	3,2+2,1	10,9+3,8		9,6+3,9	12,2+4,4	16,0+4,1	7,0+2,8	10,2+4,0	5,8+2,2	12,8+2,9	3,2+1,6	10,9+2,9
Tenebrionidae, im+larv		3,2+2,1		3,2+2,6		5,8+1,8								
Formicidae					19,8+11,8	25,0+15,1	1,3+0,9	1,9+1,9				1,9+1,1	0,6+0,6	4,5+2,4
Gastropoda		0,6+0,6									1,9+1,1	1,3+0,9		0,6+0,6
Lumbricidae	9,0+3,5	1,9+1,1	12,8+6,9	7,7+2,3	7,0+2,9	1,9+1,1	3,2+2,1	5,1+2	0,6+0,6	14,1+3,8	2,6+1,9	3,2+2,6	1,3+0,9	3,2+1,6
Diplopoda	1,9+1,1	2,6+1,5	0,6+0,6	0,6+0,6	0,6+0,6	0,6+0,6								
Elateridae, larv	0,6+0,6	0,6+0,6	3,2+1,6	1,3+0,9			13,4+4,3	7,0+2,6	4,5+2,4	5,8+2,4	14,1+3,9	3,2+1,3	3,2+1,6	3,2+1,6
Diptera, larv	126,7+29,4	39,0+11,2	99,2+36,8	32,0+10,9	59,5+22,9	37,1+26,6	19,2+7,5	9,6+2,9	9,6+2,9	11,5+3,1	49,3+21,5	19,2+4,5	4,6+1,9	20,5+5,2
Thysanoptera			0,6+0,6											0,6+0,6
Heteroptera			7,1+6,4			1,3+1,3		1,3+0,9			0,6+0,6	2,6+1,5		2,6+1,2
Coccidae						0,6+0,6	6,4+3,2	11,5+5,0	3,8+3,2	8,3+4,0	9,0+4,2	39,0+15,2	3,2+1,6	33,9+12,1

Трофическая структура макрофауны на разновозрастных вырубках и в контрольных ельниках



Пространственное распределение крупных беспозвоночных на разновозрастных вырубках и в ельниках имело агрегированный характер

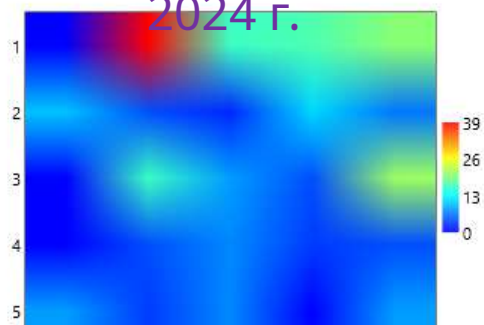
	10Р+П		10П+П		ЗП+П		БЕ		ОБ		Е1		Е2	
	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август
ОВП	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Тп	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
зоофаги	11,2	1,9	0	0,1	0,3	0,7	0,3	0,5	0,4	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1
сапрофаги	1,1	1,5	1,8	0,7	1,4	1,9	0,7	0,2	0,3	0,1	1	0,1	0,2	0,1
фитофаги			0,1			-0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0,5	0	0,3
макрофауна	1	0,7	1,9	0,9	1,6	3,6	1,5	0,5	1,1	0,4	1,3	0,8	1,2	0,5

Индекс агрегированности Кейси для влажности (ОВП), температуры почвы (Тп) и макрофауны ($I_c < 0$ – равномерное, $I_c = 0$ – случайное, $I_c > 0$ – агрегированное)

			зоофаги	сапрофаги	фитофаги	макрофауна
июнь	ОБ	W, %	0,19	-0,03	0,31	0,34
		Тп	0,01	-0,17	0,08	0,04
август	10Р+П	W, %	-0,3	-0,26		0,3
		Тп	-0,05	-0,36		0,08
	БЕ	W, %	-0,11	0,38	-0,17	-0,12
		Тп	0,02	0,21	0,13	-0,18
	ОБ	W, %	-0,19	-0,22	0,41	-0,1
		Тп	-0,02	-0,23	0,41	0,05
	Е1	W, %	-0,15	-0,2	-0,04	-0,41
		Тп	0,05	-0,3	0,37	0,25

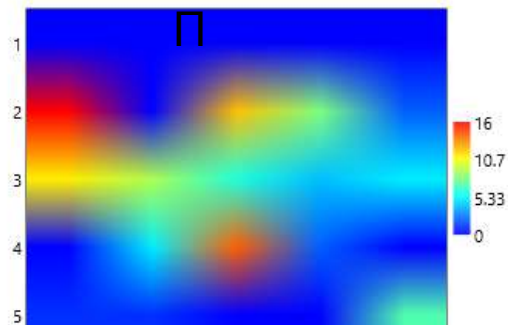
Распределение зоофагов, сапрофагов, фитофагов и всей макрофауны в пространстве на всех участках в июне и августе слабо коррелировало с распределением рассмотренных факторов. Исключение составили умеренные положительные связи между распределением сапрофагов и влажности почвы в березово-еловом лесу (БЕ) в августе, всей макрофауны и влажности почвы в осиново-березовом сообществе (ОБ) в июне, фитофагов и температуры подстилки на участках ОБ и Е1 в августе. В этом же месяце была выявлена умеренная обратная связь между распределением сапрофагов и температурой подстилки на участке 10Р+П, всей макрофауны и влажности почвы на участке Е1

Пространственное распределение беспозвоночных в июне 2024 г.



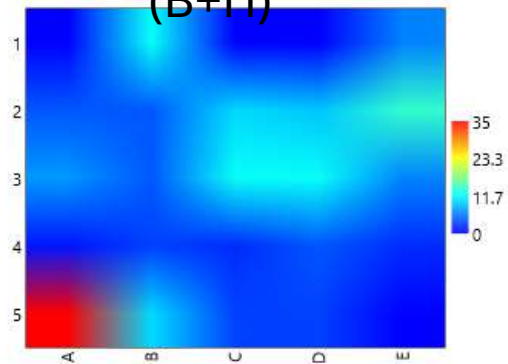
10P+

П



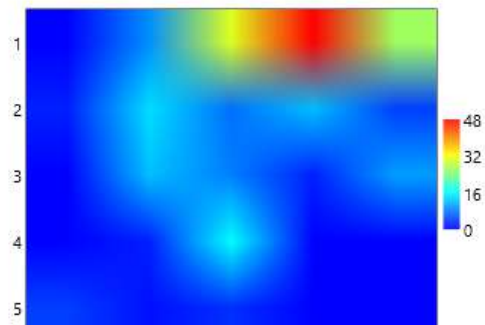
БЕ

(B+П)



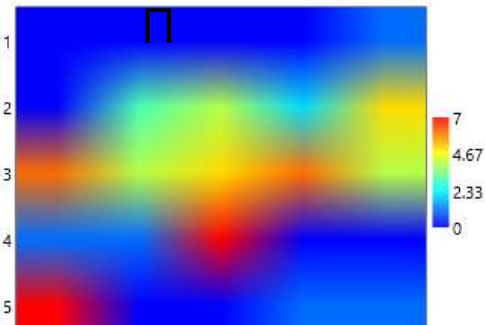
Е

1



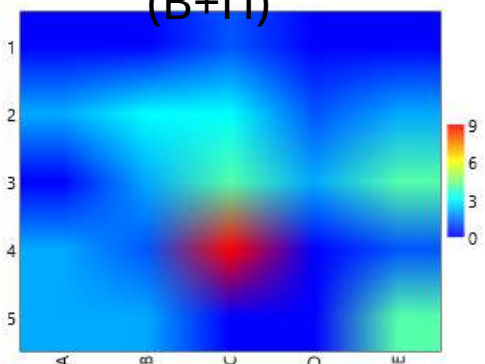
10П+

П



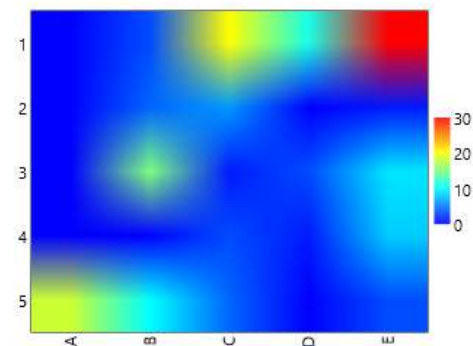
ОБ

(B+П)



Е

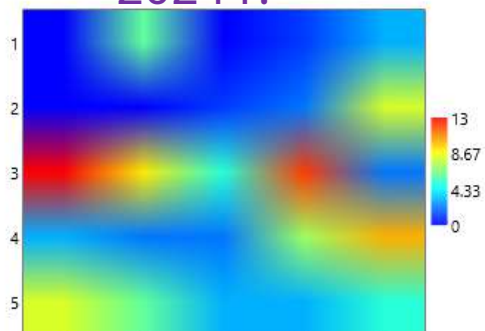
2



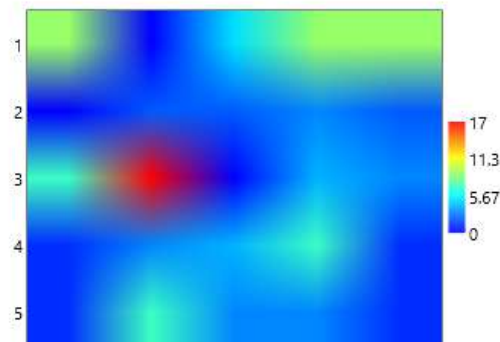
3П+

П

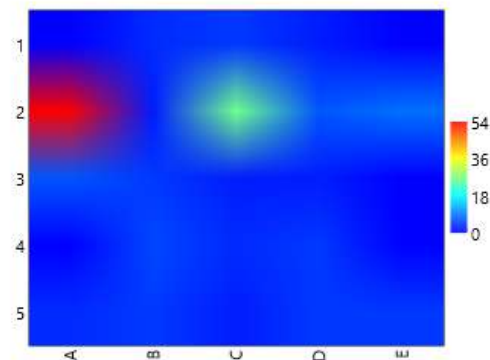
Пространственное распределение беспозвоночных в августе 2024 г.



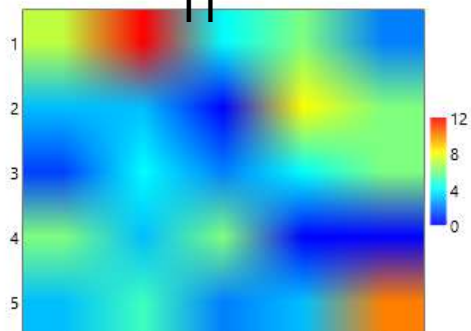
10P+
П



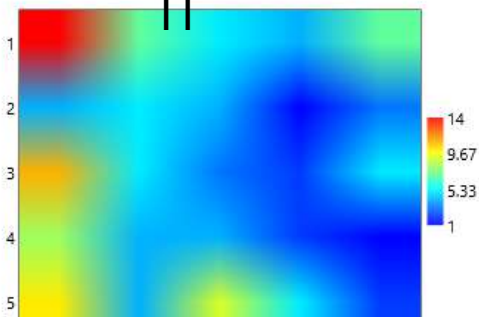
10П+
П



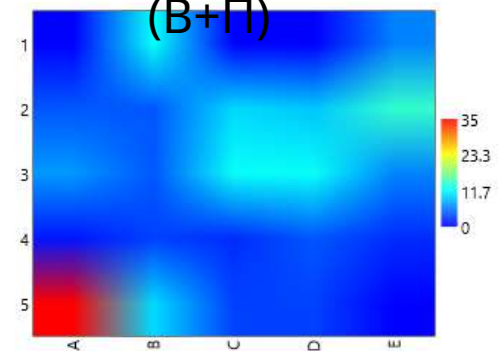
3П+
П



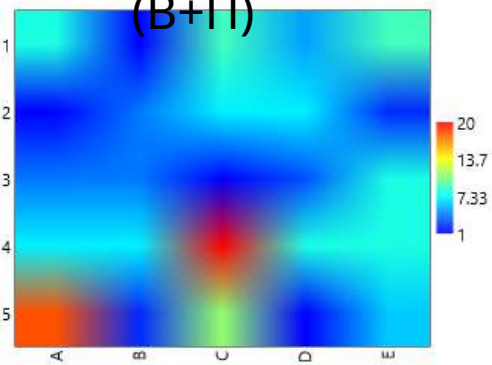
БЕ
(B+П)



ОБ
(B+П)



Е



Е

Заключение

В первые годы после рубки леса наблюдается остаточный состав почвенной фауны, резкое снижение численности беспозвоночных, нарушение структуры их сообществ. При естественном лесовозобновлении лиственными породами деревьев, в насаждениях старше 25 лет таксономический состав фауны восстанавливается, но экологическая структура сообществ беспозвоночных не соответствует таковой в еловых лесах.

Крупные почвенные беспозвоночные в почвах ельников и на вырубках разного возраста характеризуются агрегированным распределением, которое не объяснимо распределением влажности и температуры подстилки на всех участках, а скорее всего, определяется составом древесного яруса и характеристиками напочвенного покрова.

Пространственное распределение почвенных беспозвоночных как структурный параметр их сообществ может быть одним из иницирующих факторов восстановления почвенной макрофауны после рубки леса.