



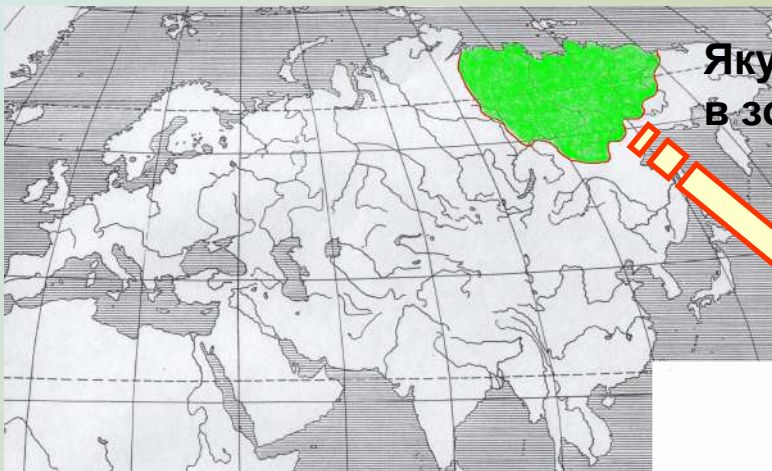
Работа проведена в рамках госзадания Минобрнауки РФ по проекту «Постпирогенная и антропогенная трансформация почвенного покрова и наземных экосистем на древнеаллювиальных породах Центральной Якутии» (рег. № 126021217281-1)

МУРАВЬИ В СОСТАВЕ ГЕРПЕТОБИЯ ПОСТПИРОГЕННЫХ СООБЩЕСТВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

**Попов А.А.,
Ноговицына С.Н.**

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
г. Якутск, Россия*

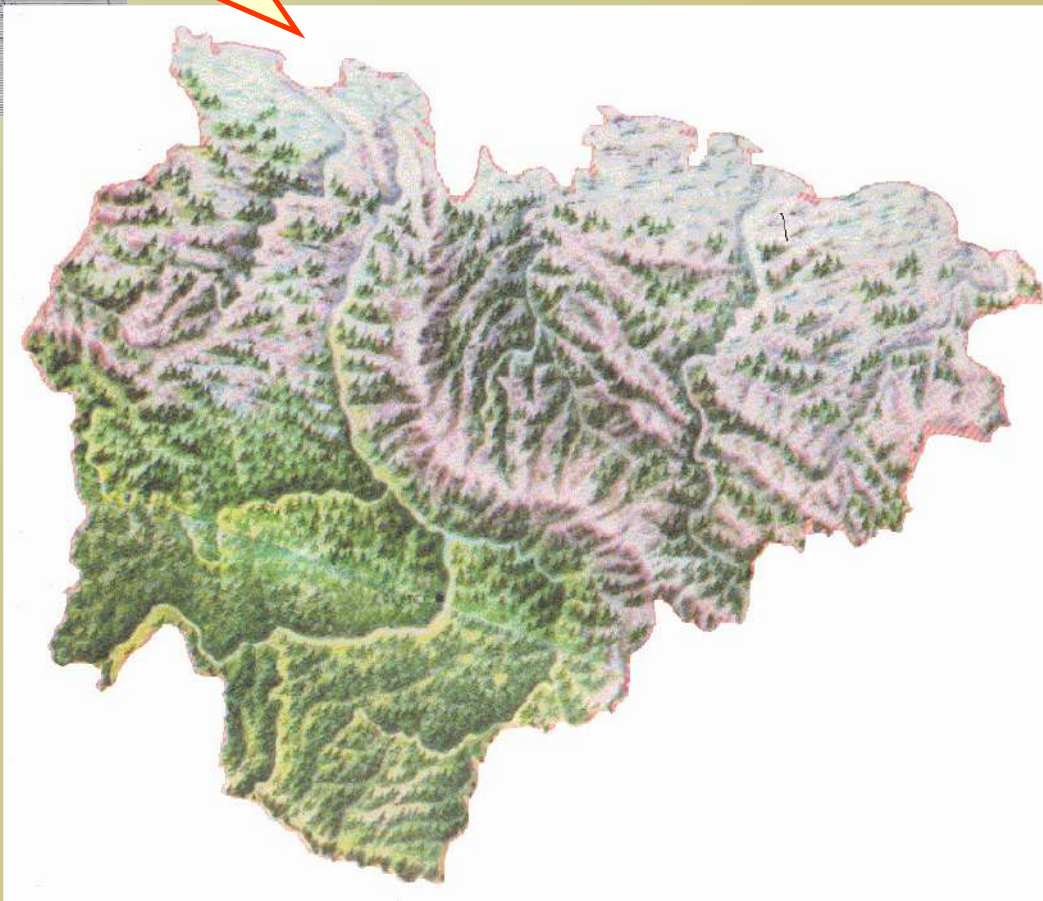




Якутия – крупнейший регион Сибири, лежащий в зоне «вечной мерзлоты»

**Климат
резкоконтинентальный с
очень суровыми зимами
(-60°C >), коротким, но
жарким летом (до 39°C).**

**Малая годовая норма
осадков (250-300 мм)
соответствует
полупустынным условиям**



Огромная годовая амплитуда температур. Разница между самым холодным (январь) и самым тёплым (июль) месяцем может достигать 64,6 °С, а в отдельных местах - и больше.

Продолжительная, холодная и малоснежная зима. В некоторых районах (например, в Оймяконской котловине, которую называют «Полюсом холода») фиксировали температуры до -71,2 °С.

Небольшое количество осадков - в среднем около 300 мм в год. При этом около 70% из них выпадает в тёплое время года.

Специфика циркуляции воздуха: зимой господствует Сибирский антициклон, а летом активен западный перенос, который приносит атлантические циклоны. В речных долинах и межгорных впадинах холодный воздух застаивается, образуя морозные туманы.

Практически вся территория Якутии находится в зоне **многолетней (вечной) мерзлоты**. Это слой грунта или горных пород, который остаётся замёрзшим не менее двух лет подряд. Глубина сильно варьируется: в среднем от 10 до 200 метров, а в отдельных районах (например, на северо-западе) достигает 500 метров и более.

Типы мерзлоты: непрерывная (большая часть северной и центральной Якутии), прерывистая (южные районы, где летом происходит частичное оттаивание) и островная (отдельные участки среди оттаивающих грунтов).



Мерзлота сильно влияет на почвообразование. В Якутии встречаются разные типы почв, и их распределение часто связано с рельефом и зональностью:

Мерзотно-таёжные (в том числе подзолистые, палево-бурые, палевые) - характерны для таёжной зоны.

Мерзлотные чернозёмы - встречаются в степных участках Центральной Якутии (например, на надпойменных террасах Средней Лены).

Дерново-лесные, аллювиально-луговые, горно-лесные, тундро-глеевые - в соответствующих природных зонах.

Аласные - специфичны для районов с термокарстовыми процессами.

Из-за сурового климата и мерзлоты растительный покров Якутии довольно специфичен. Природные зоны сменяются с севера на юг:

На самом севере - арктические пустыни (скудная растительность: мхи, лишайники).

Южнее - тундра (мхи, лишайники, низкорослые кустарники).

Основную часть территории занимает тайга. Доминирует лиственница даурская - она хорошо приспособлена к мерзлоте (её корни не уходят глубоко, а располагаются в сезонно талом слое). Также встречаются ель, сосна, кедр сибирский, берёза, осина.

В долинах рек и на аласах распространены луга.



Типы растительности лесотундровой и северотаежной зоны



Кедровый стланик (Оймяконье)



Редина (Верхоянье)



Мохово-лиственничное редколесье



Тундра (низовье Индигирки)

Типы растительности таежной зоны



Лиственничная тайга



Алас (Лено–Амгинское междуречье)



Ельник



**Разнотравный луг
(Лено–Алданское междуречье)**

Районы Якутии

По зоогеографическому районированию Якутия, целиком расположенная в зоне многолетней мерзлоты, является частью лесотундровой и таежной провинций Сибирской подобласти Голарктики (Белышев, 1973). Для практического удобства территория республики разделена на 7 районов : Северный, Северо-Западный, Западный, Юго-Западный, Южный, Центральный и Северо-Восточный



Якутия - один из самых горящих регионов России. Лесной фонд республики занимает 255 млн га (около 60% лесов страны), и пожары здесь фиксировались всегда.

Пожары в Якутии регистрировались с дореволюционных времён. В 1938 году основатель лесного хозяйства Якутии К. Г. Аникин писал: «Охрана лесов на большей части территории отсутствует, следствием чего являются из года в год регистрируемые случаи громадных по размерам и длительности лесных пожаров».



Крупный лесной пожар у с. Теплый Ключ, июль 2024 г.

Краткая хронология лесных пожаров в Якутии

Годы	1940	1941	1947	1973	1986	1990-1993, 1996	2001-2003, 2011	2019	2020	2021
Кол-во	331	122	692	822	1438			105	2038	
Площадь	280 тыс. га	185 тыс. га	1923 тыс. га					378 тыс. га	5 млн. га	7-9,3 млн. га

2021 год - самый масштабный пожарный сезон в истории Якутии. Крупнейшие лесные пожары в мире за 2021 год. Общая площадь - около 7 млн. га (по некоторым оценкам - до 9,3 млн га)

Горный район (улус) Республики Саха (Якутия) стал одним из самых пострадавших в ходе беспрецедентных лесных пожаров летом 2021 года - крупнейших в мире за тот год.

По данным экспертов, интервалы между крупными пожарами в Якутии сократились с естественных 20–50 лет до 5–15 лет, что связано с изменением климата и антропогенным фактором. За последние 19 лет, по данным Greenpeace, Якутия потеряла 15 млн га лесного покрова.

Последствия пожаров на лесные экосистемы качественно и количественно варьируют, а на разных стадиях сукцессий отмечаются процессы, как повышающие, так и понижающие разнообразие экосистемы, связанные с трансформацией почв, растительности, животного населения, включая разнообразные группы беспозвоночных. Анализ постпирогенного восстановления разных групп насекомых показывает, что медленнее всего идет восстановление фауны насекомых, связанных с подстилкой и травостоем, а наименьшее влияние оказывает пожар на фауну насекомых, связанных с почвой.



Отечественные исследования

Гонгальский К.Б. «Лесные пожары как фактор формирования сообществ почвенных животных» (Журнал общей биологии, 2006) и монография «Лесные пожары и почвенная фауна» (М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014, 169 с.).

Проведен масштабный обзор мировой литературы и собственные полевые эксперименты по искусственному выжиганию лесных участков. Установлено, что в ходе низовых пожаров погибают обитатели подстилки и верхних минеральных горизонтов на глубине 2–3 см: клещи, коллемболы, насекомые, дождевые черви.

Кругова Т. М. «Динамика населения муравьев в первые годы после пожара в борах юго-востока Западной Сибири»

Проведен многолетний мониторинг (с 1999 по 2005+ гг.) на трёх полигонах в ленточных сосновых борах Алтайского края - от средней лесостепи до сухой степи. Выявлено 35 видов муравьев из 10 родов и 2 подсемейств; 6 видов отмечены для юга Западно-Сибирской равнины впервые.

Характер пирогенной динамики муравьев определяется природной зональностью: реакция усиливается к югу (от лесостепи к степи); большинство отличий населения муравьев на гарях согласуются с изменением температурного режима почв, а не влажности.



Аверина И. А. «Динамика численности и размещение на гари Окского заповедника муравьев рода *Formica*» (в сб. «Мониторинг сообществ на гарях и управление пожарами в заповедниках», М.: ВНИИ природы, 2002).

Проведен длительный мониторинг последствий пожара 1972 г. в Окском заповеднике (Рязанская область). Прослежено активное заселение гари рыжими лесными муравьями (*Formica rufa* group) в первые три года после низового пожара. В первые три года сукцессии стремительно образовывались новые гнезда, но выживаемость их была невелика; увеличение численности муравьев *Formica* связано с ростом обилия насекомых-ксилофагов (кормовая база) и уменьшением задернения почвы.

Краснощекова Е. Н. Диссертация «Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных под воздействием пожаров в среднетаежных сосняках Енисейской равнины» (Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск).

Изучены низовые пожары разной интенсивности в лишайниково-зеленомошных сосняках Красноярского края. Оценивалась реакция мезо- и микроартропод (включая муравьев) на пожары низкой, средней и высокой интенсивности. Восстановление исходных сообществ после высокоинтенсивного пожара идёт очень медленно.



Зарубежные исследования

X. Arnan, A. Rodrigo, J. Retana. Восстановление муравьев после пожара в Средиземноморье

«Post-fire recovery of Mediterranean ground ant communities follows vegetation and dryness gradients» (Journal of Biogeography, 2006) и последующие статьи.

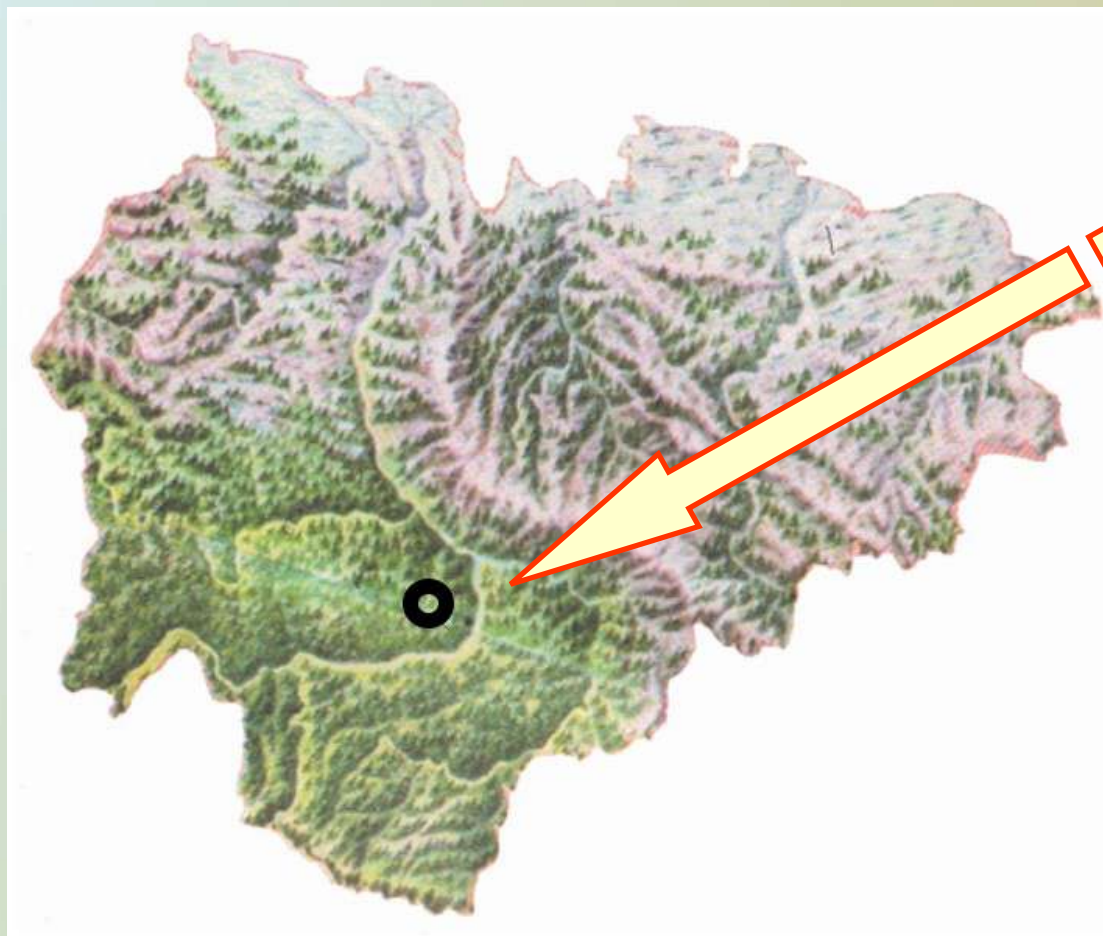
Изучено восстановление сообществ муравьев после пожара в различных типах растительности вдоль географического градиента в Каталонии (Испания). Восстановление муравьев зависит от восстановления растительности: в лесах с высокой устойчивостью к огню сообщества муравьев восстанавливаются быстро. Видовое богатство не зависит от факта горения или типа растительности.

Насекомые торфяных лесов Юго-Восточной Азии после пожара

«The effect of remnant forest on insect successional response in tropical fire-impacted peatland» (PLOS ONE, 2017).

Изучено влияние пожара на сообщества термитов и муравьев в тропических торфяных лесах Индонезии. Муравьи проявили устойчивость к огню: индекс сходства показал высокую степень общности между сообществами на всех типах земель. Функциональный состав муравьев существенно не менялся в зависимости от давности пожара.





Цель работы: изучить влияние постпирогенных наземных экосистем на муравьев в составе герпетобия в Центральной Якутии. Исследования постпирогенных сообществ беспозвоночных проводились в течение 4 лет с 2022-2025 гг. в Центральной Якутии в Горном районе в окрестностях с. Асыма в 206 км СВВ г. Якутска на 4 учетных площадках: лиственничном и сосновом гарях – после пожара в 2021 г., и, соответственно, контрольных участках – лиственничнике багульниково-брусничном и сосняке толокнянково-бруснично-лишайниковом



Краткая характеристика исследованных участков

№	Название биотопа	Координаты	Растительность
I	лиственничная гарь со средним количеством валежа и выгоревшей подстилкой	N 62°24'1.2", E 126°47'35.2"	<i>Equisetum</i> единично
II	багульниково-брусничный лиственничник с участием березы (контроль)	N 62°23'56.0", E 126°48'18.4"	мхи, <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i>
III	сосновая гарь с единичными живыми, но опаленными деревьями	N 62°24'24.7", E 126°49'43.0"	<i>Chamaenerion</i> <i>angustifolium</i> , Poacea
IV	сосняк толокнянково-бруснично-лишайниковый (контроль)	N 62°24'2.1", E 126°52'6.0"	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> , <i>Carex</i> , <i>Vaccinium</i>



Участок 1. Лиственничная гарь



Растительность: лиственничная гарь со средним количеством валежа и выгоревшей подстилкой.

Микрорельеф: нарушен, много вывалов, проплешин небольшое количество.

Древостой из *Larix cajanderi* имеет невысокую сомкнутость – от 25 до 30%, средняя высота 7 м. Подлесок представлен *Betula platyphylla* высотой 80-90 см с примесью *Salix bebbiana* высотой 80-100 см. Сомкнутость подлеска 10 %. В подросте единично отмечена *Pinus sylvestris* высотой до 150 см.

Участок 2. Лиственничник контрольный



Растительность: лиственничник багульниково-брусничный с участием березы (контрольный).

Микрорельеф: волнистый, неровный.

Древостой из *Larix cajanderi* (сомкнутость крон 0.6), средняя высота 10-12 м. Подлесок *Salix bebbiana* единично высота 35 см. *Betula platyphylla* 0.2 высота 3-5 м. В подросте единично отмечена *Pinus sylvestris*, высота до 70 см.

Участок 3. Сосновая гарь



Растительность: гарь на месте сосняка, некоторые сосны опаленные, но живые.

Микрорельеф: ровный, но много вывалов и проплешин, песок в проплешинах имеет темно-охристый оттенок.

Состав соснового древостоя чистый, 10С (*Pinus sylvestris*). Сомкнутость крон 0.3. Средняя высота 7-10 м.

Участок 4. Сосняк контрольный



Растительность: сосняк бруснично-толокнянково-лишайниковый (сосняк с живыми соснами, горел низовым пожаром, но давно)

Микрорельеф: ровный

Древостой из *Pinus sylvestris* чистый, состав 10С. Сомкнутость крон 0.6. Средняя высота 10-15 м.

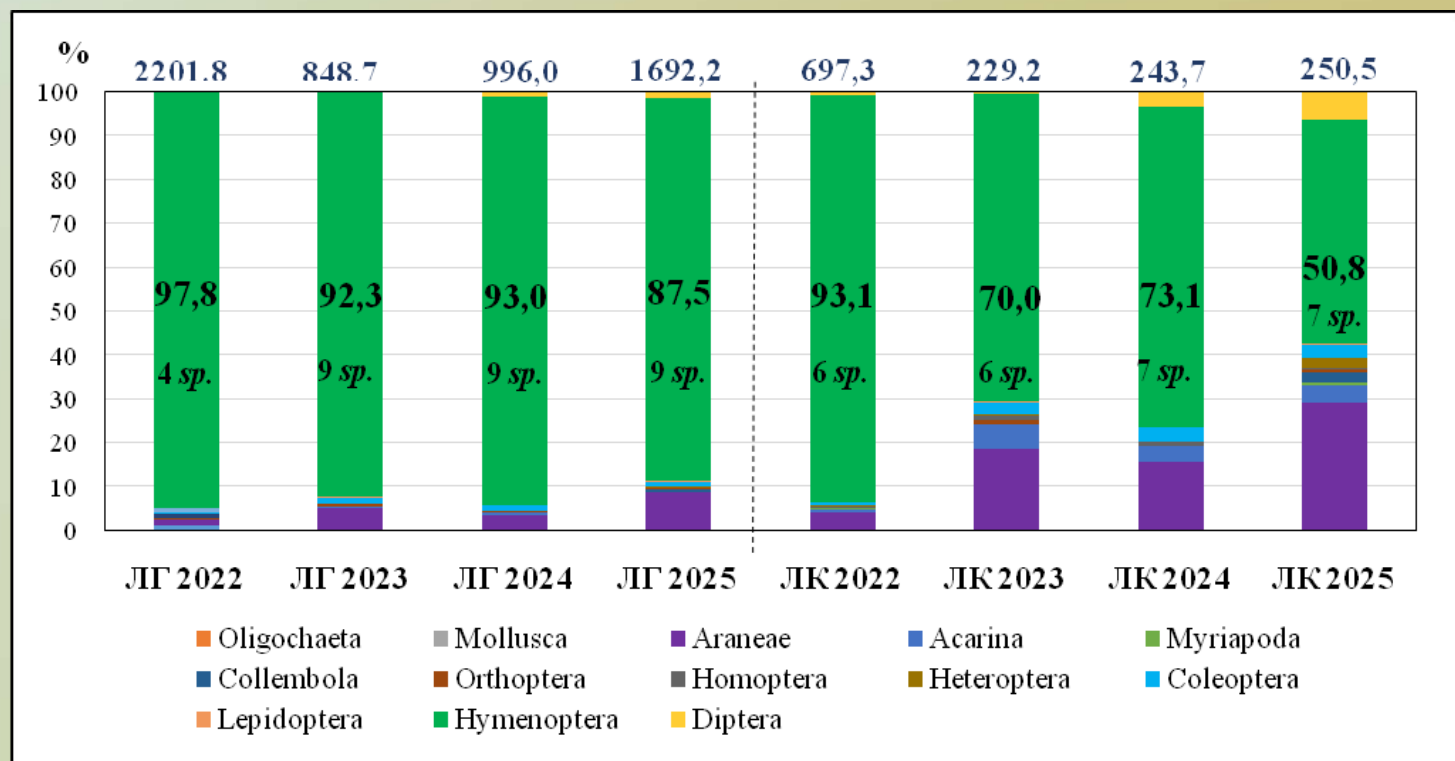
Мохово-лишайниковый покров с покрытием 50 % из них 40 % из *Cladonia arbuscula*, *Cladonia cornuta*, 10 % из *Polytrichum commune*.

Методика исследований

Для сбора насекомых – обитателей напочвенного яруса (герпетобионты), использовались почвенные ловушки Барбера (Тихомирова, 1975; Бызова и др., 1987). Всего отработано 23840 ловушко-суток (далее лов.-сут.), отловлено 121259 экземпляров (далее экз.) из 16 отрядов беспозвоночных. В обсуждении результатов градации численности таксонов приводятся по Контканену (Kontkanen, 1948): за доминантов приняты таксоны, составляющие свыше 15% от общего количества учтенных особей на исследуемом участке, инфлюентов – 6-15 и рецедентов – меньше 6%.



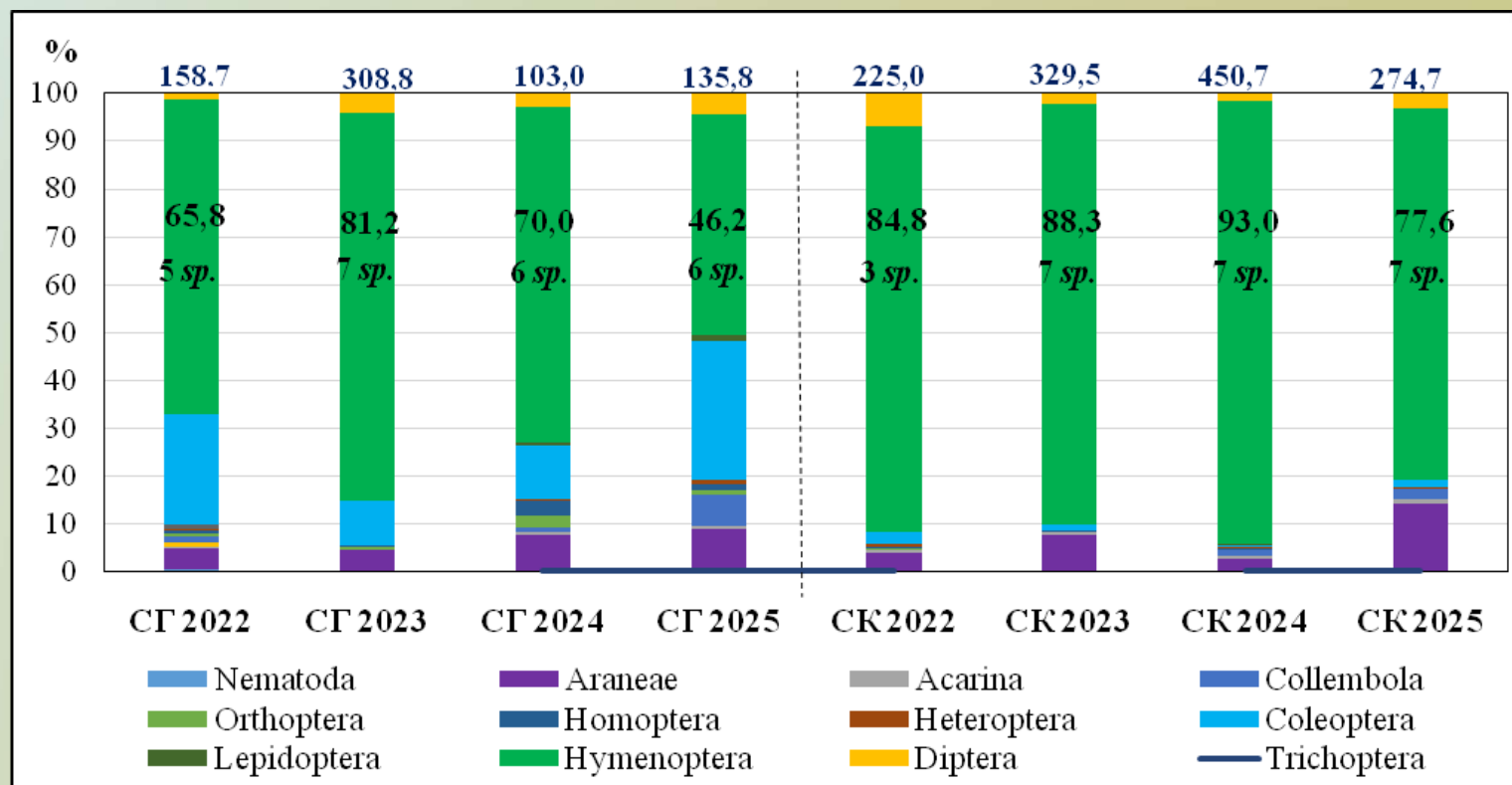
Исследованиями выявлено, что в целом разнообразие герпетобионтных артроподоценозов сосновых биотопов характеризуются меньшим разнообразием (9–12 отрядов), чем лиственничные (9–15). Самая высокая численность герпетобионтов в течение всего периода исследований отмечена на постпирогенном лиственничнике – от 848,7 до 2201,8 экз./100 лов.-сут., в 3-6 раз превышающая таковую на контроле.



Состав и участие муравьев в герпетобии исследованных лиственничников в период за 2022-25 гг. (в % от суммы экз./100 лов.-сут.).

Примечание: ЛГ – лиственничник горелый; ЛК – лиственничник контрольный; синим шрифтом указаны показатели общей численности беспозвоночных в экз./100 лов.-сут.; sp. – число встреченных муравьев.

В сосновых биотопах наоборот, горелые биотопы показывают меньшую плотность напочвенного населения – в 1,5-4 раза ниже, чем на контроле.



Состав и участие муравьев в герпетобии в исследованных сосняках в период 2022-25 гг. (в % от суммы экз./100 лов.-сут.)

Примечание: СГ – сосняк горелый; СК – сосняк контрольный; сверху диаграммы синим шрифтом указаны показатели общей численности беспозвоночных в экз./100 лов.-сут.; sp. – число встреченных муравьев.

Муравьи – это единственное семейство, которое демонстрировало стабильно высокое и практически неизменное видовое разнообразие на протяжении всех четырех лет. Это указывает на их высокую численность, стабильность популяций в месте наблюдений.

Всего за период исследований на учетных площадках выявлено 9 видов муравьев: *Camponotus saxatilis* Ruzsky, 1895; *Formica aquilonia* Yarrow, 1955; *F. exsecta* Nylander, 1846; *F. fusca* Linnaeus, 1758; *F. picea* Nylander, 1846; *F. polystena* Förster, 1850; *F. pratensis* Retzius, 1783; *F. sanguinea* Latreille, 1798; *F. truncorum* Fabricius, 1804 и *Myrmica* sp.



Formica aquilonia Yarrow



F. sanguinea Latreille



F. exsecta Nylander

Экологическая структура мирмекофауны гарей

	Вид	Биотопическая приуроченность	Гигро-преферендум	Жизненная форма
1	<i>Camponotus saxatilis</i> Ruzsky	Лугово-степной	Мезоксерофил	Гер-знф
2	<i>Formica aquilonia</i> Yarrow	Лесной	Мезогигрофил	Гер-знф
3	<i>Formica exsecta</i> Nyl.	Лесной	Мезогигрофил	Гер-знф
4	<i>Formica fusca</i> L.	Лесной	Мезогигрофил	Гер-знф
5	<i>Formica picea</i> Nyl.	Луговой	Мезогигрофил	Гер-знф
6	<i>Formica polycтена</i> Först.	Лугово-степной	Мезофил	Гер-знф
7	<i>Formica pratensis</i> Retz.	Лугово-лесной	Мезоксерофил	Гер-знф
8	<i>Formica sanguinea</i> Latr.	Луговой	Мезофил	Гер-знф
9	<i>Formica truncorum</i> F.	Лесной	Мезофил	Д-знф
10	<i>Myrmica</i> sp.	-	-	-



Видовой состав муравьев на сосновой гари

	2022	2023	2024	2025
<i>Camponotus saxatilis</i> Ruzsky	-			
<i>Formica aquilonia</i> Yarrow	-	-		-
<i>Formica exsecta</i> Nyl.	-		-	
<i>Formica picea</i> Nyl.	-			
<i>Formica polyctena</i> Först.			-	-
<i>Formica sanguinea</i> Latr.				
<i>Formica truncorum</i> F.				
<i>Myrmica</i> sp.				

Видовой состав муравьев на контрольном сосняке

	2022	2023	2024	2025
<i>Camponotus saxatilis</i> Ruzsky				
<i>Formica aquilonia</i> Yarrow	-			
<i>Formica picea</i> Nyl.	-			
<i>Formica pratensis</i> Retz.	-			
<i>Formica sanguinea</i> Latr.				
<i>Formica truncorum</i> F.	-			
<i>Myrmica</i> sp.				

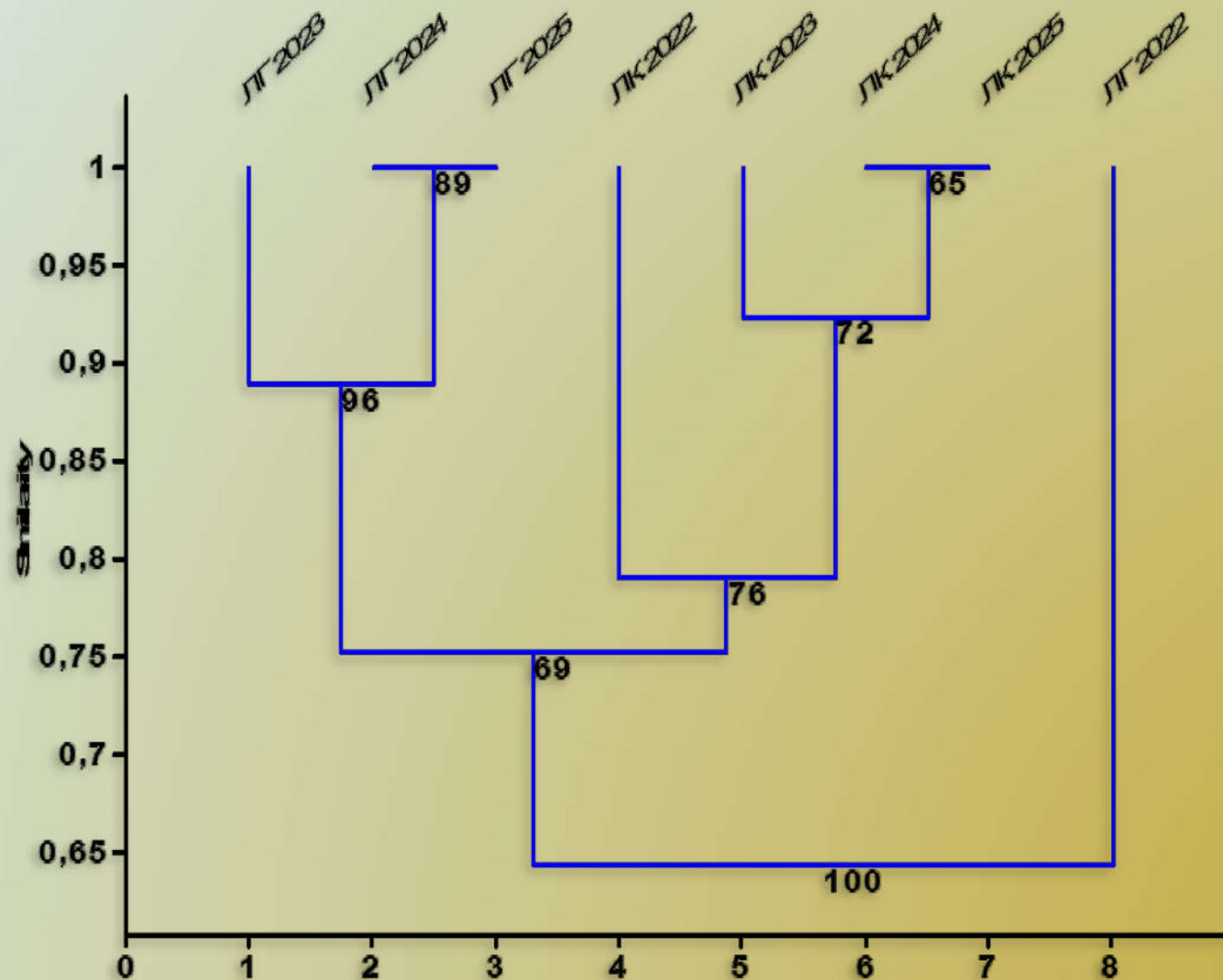
Видовой состав муравьев на лиственничной гари

	2022	2023	2024	2025
<i>Camponotus saxatilis</i> Ruzsky				
<i>Formica aquilonia</i> Yarr				
<i>Formica exsecta</i> Nyl.	—			
<i>Formica fusca</i> L.				
<i>Formica picea</i> Nyl.	—		—	—
<i>Formica polyclena</i> Först.	—	—		
<i>Formica pratensis</i> Retz.	—			
<i>Formica sanguinea</i> Latr.	—			
<i>Formica truncorum</i> F.	—			
<i>Myrmica</i> sp.				

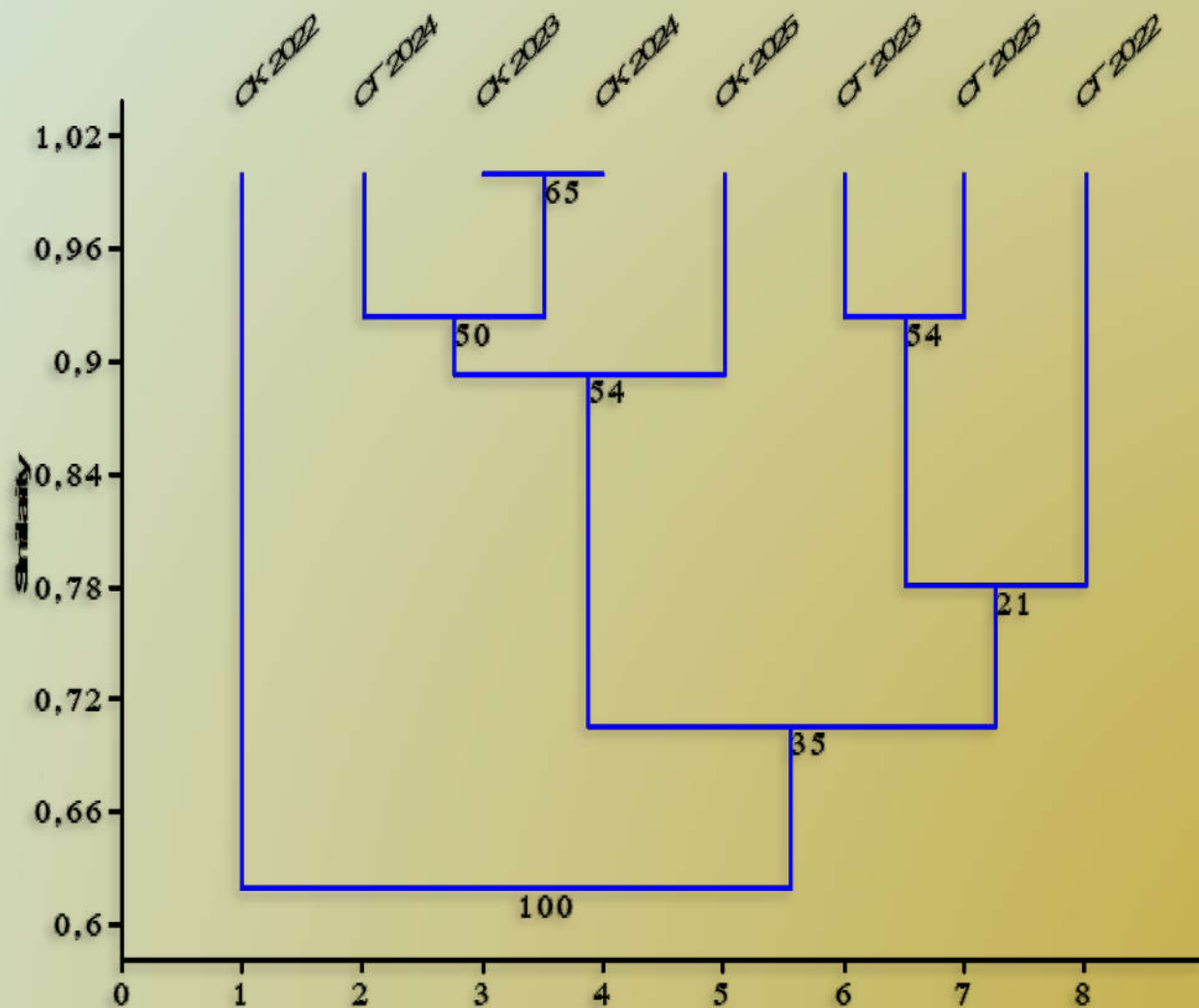
Видовой состав муравьев на контрольном лиственничнике

	2022	2023	2024	2025
<i>Camponotus saxatilis</i> Ruzsky				
<i>Formica aquilonia</i> Yarr	—	—		
<i>Formica exsecta</i> Nyl.				
<i>Formica fusca</i> L.				
<i>Formica picea</i> Nyl.			—	—
<i>Formica pratensis</i> Retz.		—	—	—
<i>Formica sanguinea</i> Latr.	—			
<i>Myrmica</i> sp.				

Сходство фауны муравьев в лиственничных стациях по Дайсу



Сходство фауны муравьев в сосновых стациях по Дайсу-Серенсену



Среди видов с высокой встречаемостью или константных видов выявлены *Camponotus saxatilis* и *Myrmica* sp. – абсолютные константы, встречены на всех площадках во все годы. Это наиболее пластичные и широко распространённые в регионе виды. *Formica sanguinea* – встречена в 15 из 16 случаев (отсутствовала только в лиственничной гари и контрольном лиственничнике в 2022 г., затем стала повсеместной). «Кровавый муравей-рабовладелец» быстро заселяет нарушенные территории и удерживается в стабильных лесах.



К видам с промежуточной встречаемостью можно отнести *Formica aquilonia* – предпочитает контрольные участки (особенно контрольном сосняке и контрольном сосняке с 2023 г.), на гарях появляется нестабильно (в сосновой гари только в 2024 г., в лиственничной гари – с 2022 г. постоянно). Вид чувствителен к микроклимату, в сомкнутых лесах чувствует себя лучше. Вид *Formica picea* – типичный обитатель влажных лесов, стабильно присутствует в контролях. На сосновой гари появился в 2023 г. и сохраняется, на лиственничной гари был отмечен только в 2023 г., затем исчез. *Formica fusca* – характерен для лиственничных сообществ (как гарь, так и контроль). В сосновых участках не отмечен ни разу. Это подчёркивает биотопическую приуроченность вида, т.е. он предпочитает более влажные и прохладные лиственничные леса. *Formica truncorum* – типичный обитатель опушек и разреженных лесов. На сосновой гари появился с первого года, в контрольном сосняке – только с 2023 г. В лиственничной гари присутствует с 2023 г., в контроле отсутствует полностью. Вид явно тяготеет к нарушенным или осветлённым местообитаниям.



К редким видам можно причислить *Formica polyctena*, т.к. встречен исключительно на гарях (сосновая гать в 2022–2023 гг., лиственничная гать в 2024–2025 гг.). В контрольных лесах за четыре года не отмечен ни разу. Исчезновение из сосновой гати после 2023 г. может быть связано с зарастанием гати и усилением конкуренции с другими видами (*Formica sanguinea*, *F. truncorum*). В лиственничной гати, где мозаика местообитаний сохраняется дольше, вид удерживается. *Formica pratensis* – также предпочитает открытые прогреваемые участки. В сосновых сообществах встречается только в контроле (с 2023 г.), на гати – ни разу. В лиственничных, наоборот, на гати появляется с 2023 г. и сохраняется, а в контроле был лишь в 2022 г. и позже исчез. Вид *Formica exsecta* – присутствует во всех лиственничных учётах (кроме лиственничной гати в 2022 г.) и в контроле сосняка не отмечен. В сосновой гати появлялся в 2023 и 2025 гг., что говорит о его способности временно заселять послепожарные сосняки. Вид связан с разреженными древостоями и лесными полянами.



Выводы

Видовое богатство муравьёв на исследованных площадках варьирует от 3 до 9 видов в год, с суммарным максимумом на лиственничной гари (9 видов). Контрольные участки несколько беднее.

Влияние пожара проявляется в изменении структуры сообщества: на гарях появляются светолюбивые и опушечные виды (*Formica polyctena*, *F. truncorum*, *F. exsecta*), которые в сомкнутых контрольных лесах отсутствуют или редки. В лиственничной гари формируется более богатое сообщество по сравнению с контролем, что может быть связано с увеличением мозаичности среды после пожара. В сосновой гари видовое богатство сопоставимо с контролем, но состав отличается.

Постоянными (константными) видами для всех биотопов являются *Camponotus saxatilis* и *Myrmica* sp., также *Formica sanguinea* близка к константным (встречена в 94% случаев).

Динамика во времени показывает быструю колонизацию гарей муравьями и последующую стабилизацию сообществ к 2024–2025 гг. Полного сходства между гарью и соответствующим контролем за 4 года не достигнуто, что указывает на длительность сукцессионных процессов в формировании мирмекокомплексов после пожара.



Спасибо за внимание!

