

## МИРМЕКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЛЕСОТУНДРЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА\*

*Аннотация:* Техногенная деградация лесотундры на первом этапе приводит к увеличению количества видов муравьев, повышению обилия видов и усложнению структуры доминирования. Далее происходит снижение обилия видов, а затем их количества. Первыми исчезают облигатно доминантные виды муравьев. Песчано-каменистые пустоши населены одним-тремя малочисленными видами муравьев. Мониторинг разнообразия муравьев позволяет надежно индцировать степень разрушения среды и отслеживать изменение биогеоценозов при использовании совместно критериев количества и встречаемости видов.

*Ключевые слова:* мониторинг биоразнообразия, обилие видов, структура доминирования

Среди задач современной экологии особую актуальность имеет изучение проблем биологического разнообразия и его сохранения при антропогенном изменении среды [16, 424]. Муравьи, широко распространенные в наземных экосистемах, оказывают многостороннее позитивное влияние на лесные сообщества, интегральным показателем которого является общее повышение биологической устойчивости и продуктивности насаждений [14, 152; 11, 510; 7, 54]. Свойства муравьев как эусоциальных животных делают их удобными объектами мониторинга биоразнообразия [6, 139]. Специфика проблемы биоразнообразия применительно к многовидовым сообществам муравьев заключается в необходимости разделять понятия «структура доминирования» (положения видов в иерархических рядах муравьев) и «структура обилия» (относительное обилие видов в сообществе, встречаемость) [8, 34]. Доминантный вид, играя роль эдификатора, контролирует территорию, определяет пространственное распределение, численность, режим активности подчиненных видов [9, 206].

Мирмекофауна характеризует антропогенно измененные местообитания [4, 36]. Концентрации ионов различных металлов уменьшаются в муравьях с увеличением расстояния от источника выбросов [12, 317; 15, 323]. Количество гнезд муравьев и размеры гнездовых холмиков сравнительно меньше вблизи источника загрязнений, чем на удалении от него [2, 69]. Видовой состав, плотность гнездования и минимальные линейные размеры муравьев увеличиваются по мере удаления от источников загрязнения, но затем вновь начинают уменьшаться, однако в контроле эти показатели выше, чем в зоне сильного воздействия предприятий [10, 167].

В условиях Субарктики одними из наиболее распространенных эусоциальных организмов являются муравьи; для северной тайги Кольского полуострова отмечены три хорологических комплекса муравьев, различающихся по размещению в ярусном пространстве гнезд и кормовых участков: восходящий герпетокомплекс (ВГК), комплекс полиярусных видов (ПЯК) и горизонтальный герпетокомплекс (ГГК). При падении биоразнообразия могут расширяться зоны охоты и гнездования у видов ВГК и увеличиваться численность полиярусных видов [8, 34]. Мирмекологический мониторинг в Субарктике ограничен слабой изученностью фауны муравьев, особенно в лесотундровой и тундровой зонах. В лесотундрах северо-запада Кольского полуострова мирмекофауна ранее не

\* © Мерциев А.В.

описывалась.

Цель данной работы – выяснить закономерности изменения мирмекофауны по градиенту загрязнения выбросами металлургического предприятия в лесотундровых биогеоценозах на северо-западе Кольского полуострова.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Исследования проводили в мае-августе 2006-2007 гг. в окрестностях комбината «Печенганикель» на территории Печенгского района Мурманской области. Объект исследования – семьи муравьев. К востоку от промышленного предприятия заложили трансекту (по направлению преобладающего переноса воздушных масс) между пос. Никель и Заполярный. Зоны влияния комбината на территорию: 0-1,3 км – зона 1 сильного воздействия промышленных выбросов на биогеоценозы (зона техногенных пустошей); 1,3-6 км – зона 2 среднего влияния (зона видимых нарушений); 6 км и далее – зона 3 слабого воздействия (зона скрытых нарушений) [13, 20]. Контрольную точку взяли к юго-востоку от пос. Печенга (зона 4 вне воздействия выбросов комбината). Основными поллютантами металлургического предприятия являются пыль тяжелых металлов и сернистый ангидрид.

Мирмекологические обследования территории проводились с помощью ловчих почвенных цилиндров, а также маршрутным методом. Ловушки, объемом 200 мл на треть заполнялись 10% раствором хлорида натрия и устанавливались в контрольных точках линиями по 20 штук с шагом 2 м; проверялись трижды с интервалом – 21 день. Маршруты закладывались в каждой зоне на трансекте: маршруты 1-3 в зонах 1-3, маршрут 4 – в контрольной зоне. Длина маршрутов определялась шагомером, а ширина составляла 2 м. Маршруты в зависимости от лесорастительных условий были поделены на отрезки средней протяженностью 2,18 км. Количество и встречаемость видов определили для каждого из 12 отрезков. При прохождении по маршруту описывали муравейники видов – облигатных доминантов, а в отдельных точках делали подробные обследования для выявления других видов муравьев по стандартным методикам [3, 716; 5, 418]. Из всех обнаруженных гнезд муравьев брались пробы по 10 рабочих особей, а при возможности отбирались по 1-3 фертильных самок и самцов. Пробы муравьев помещались в пробирки, с дальнейшей фиксацией спирт-формалином (1:1) или в бумажные конверты, где высушивались; виды идентифицировали под микроскопом МБС-5. Для оценки «структуры обилия» найденные исследований виды муравьев распределяли по четырем категориям встречаемости: а) массово – вид имеет высокую численность в значительном количестве биоценозов; б) обычно – вид имеет высокую численность в ограниченном количестве биоценозов; в) редко – вид имеет повсеместно невысокую численность и встречается в ограниченном количестве биоценозов, г) единично – отдельные находки гнезд вида. Под высокой численностью принимали присутствие вида в 20 и более процентах определяемых проб. Характеристики видов даны по К.В. Арнольди [1, 1155]. Всего пройдено 26,20 км по маршрутам, количество ловушко-суток составило 504, описано 46 муравейников видов – облигатных доминантов, исследовано 178 проб.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Наибольшей биомассой обладают биоценозы контрольной зоны. Они состоят из грядово-мочажинных ерничково-сфагновых болот (биотоп 4.4) и березняков полнотой 0,4 высотой около 6-7 м с высокосомкнутым напочвенным покровом разнотравно-вороничным (4.1) или папоротниково-разнотравным (4.2). Разреженные березовые редколесья (4.3) встречаются на участках низовых пожаров. В зоне 3 распространены ернично-сфагновые болота (3.3) и деренно-луговиковые (3.2) и кустарнично-воронично-разнотравные (3.1) березовые редколесья. Высота деревьев – около пяти метров, характерно наличие отмерших кустов можжевельника и небольшие мертвопокровные пятна на возвышениях, где влияние выбросов наиболее значительно. Для зоны 2 характерны деградированные разнотравно-вороничные редколесья

(2.1) высотой 3-5 м с большим количеством отмерших ветвей и стволов взрослых деревьев. Напочвенный покров содержит сильно разреженные и мертвопокровные участки, на которых долго сохраняются гниющие куртины кустарничков, мохово-лишайниковый ярус отсутствует. Ерниково-сфагновые болота (2.2) имеют гряды с большими участками, покрытыми усохшим ерником. Зона 1 характерна техногенными пустошами с сильно фрагментированными березовыми редколесьями разнотравно-вороничными высотой 3-4 м, с угнетенной травянисто-кустарничковой растительностью (1.2) или мертвопокровными (1.1). С лишенных растений участков слой почвы смыт. Сфагново-хвощевые болота (биотоп 1.3) практически лишены кустарничковой растительности на кочках и грядах, заносятся песком из-за эрозии почвы и грунта на склонах. Песчаные косы заселяются хвощем.

Было обнаружено девять видов муравьев из трех родов; семь представителей подсемейства *Formicinae* и два – *Myrmicinae* (см. табл. 1). Семь видов принадлежат к бореальному фауногенетическому типу, а остальные – к панпалеарктическому. Фауна состоит только из герпетобионтов зоофагов-трофобионтов. Распределение видов по отношению к основным абиотическим факторам представлено в табл. 2. В мирмекофауне резко преобладают виды мезофильные, светлюбивые, нетребовательные к теплу. Горизонтальный герпетокомплекс представлен двумя, восходящий герпетокомплекс – четырьмя, а полярный комплекс – тремя видами.

Табл. 1.

Встречаемость муравьев по биотопам (2006-2007 гг.): М – массовый вид, О – обычный, Р – редкий, Е – единичные находки гнезд вида

Вид	Встречаемость видов											
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	4.4
<i>Formica lugubris</i>	—	Е	—	Е	—	Р	—	—	—	—	—	Е
<i>F.truncorum</i>	—	Е	—	Р	—	О	—	—	—	—	—	—
<i>F.exsecta</i>	—	—	—	—	Е	—	Р	—	—	—	—	О
<i>F.picea</i>	—	Р	Е	О	М	О	О	О	—	—	Е	М
<i>F.gagatoides</i>	Р	О	—	О	Р	—	Р	Е	Р	—	М	О
<i>F.lemani</i>	Р	Р	—	Р	—	—	—	—	О	Р	О	Р
<i>F.fusca</i>	—	Р	—	Р	—	О	М	—	О	О	О	—
<i>Myrmica ruginodis</i>	—	—	—	—	—	О	Е	—	Р	—	О	—
<i>Leptotorax acervorum</i>	Р	Р	—	О	Р	Р	О	Р	Р	Е	О	Р
Всего видов:	3	7	1	7	4	6	6	3	5	3	6	6

Табл. 2.

Распределение видов по гигро-, термо- и фотофилии в биотопах и в мирмекофауне в целом

Степень отношения	Количество видов в биотопах												
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	4.4	В фауне
гигромезофилы	1	1	—	1	1	—	1	1	1	—	1	1	1
мезофилы	2	5	1	5	3	5	5	2	4	3	5	5	7
мезогемиксерофилы	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1

микротермы	2	4	1	4	2	2	3	1	1	1	2	2	4
микромезотермы	1	2		2	2	2	2	2	3	2	3	4	3
мезотермы	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	1	—	1
мезомакротермы	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1
умброфилы	1	2	—	2	1	2	—	—	—	—	—	2	2
фотофилы	2	5	1	5	3	4	6	3	5	3	6	4	7

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что в ненарушенных березняках большинство видов имеет низкое обилие. Сравнительно большая сомкнутость крон и напочвенного покрова создают значительное затенение и высокую влажность приземного слоя воздуха и подстилки, что затрудняет поддержание приемлемого гигротермического режима в гнездах муравьев, необходимого для развития расплода. Эти факторы, по-видимому, лимитируют распространение светолюбивых и мезофильных видов, способных населять подобные березняки. Гнезда приурочены здесь в основном к разрывам мозаики крон и напочвенного покрова, а также поднимающимся над травянистым ярусом мертвым стволам берез и прикомлевым кочкам. В постпирогенных редколесьях сомкнутость крон и развитие напочвенного покрова меньше, благодаря чему освещенность возрастает, а влажность уменьшается. Поэтому здесь встречаются все отмеченные нами субдоминантные виды, и структура доминирования определяется ими. На верховых болотах в контрольной зоне велика освещенность, и на них количество видов также возрастает, структура обилия усложняется благодаря переходу *F.picea* в статус массового вида и выравниванию соотношения видов с низкой и высокой численностью. Появляются на ненарушенных болотах полярные виды – облигатные доминанты *F.lugubris* и *F.exsecta*, что усложняет структуру доминирования.

В загрязненных редколесьях в зоне скрытых нарушений благодаря высокой освещенности и меньшей влажности складываются условия более благоприятные, чем в березняках контрольной зоны. Здесь полярные виды *F.lugubris* и *F.truncorum* достигают максимального обилия, а численность видов восходящего и горизонтального герпетокомплексов становится высокой, в результате этого формируются сообщества муравьев с участием одного-двух видов – облигатных доминантов. Болота в зоне скрытых нарушений имеют более бедный видовой состав. Это можно объяснить тем, что действие абиотических факторов на них не изменяется по сравнению с ненарушенными болотами, но вносится неблагоприятное влияние антропогенного фактора.

Редколесья зоны видимых нарушений характеризуются снижением обилия видов при возрастании их числа, а также уменьшением роли полярных облигатно доминантных видов. Очевидно, это связано с уменьшением растительной биомассы и фрагментированием покрова, улучшающими абиотические условия обитания, но снижающими потенциальный запас жертв и численность колоний мирмекофильных тлей для муравьев, представленных только видами зоофагов-трофобионтов. Гнезда видов восходящего герпетокомплекса приурочены на мертвопокровных участках в основном к многочисленным отмершим стволам. Фауна деградированных болот беднее, чем в контроле, но более богата по сравнению с зоной скрытых нарушений. По нашему мнению, это связано с тем, что болота, находясь в понижениях становятся местом интенсивного сноса почвы и остатков растений с мертвопокровных участков березняков на склонах. Это приводит к формированию по кромкам болот приподнятых плодородных участков с разнообразной травянистой растительностью, на которых экотонный эффект усиливается. Продуктивные участки усложняют мозаику болот и позволяют сохраняться здесь *F.exsecta* и достигать массовости *F.picea*.

В зоне техногенных пустошей количество видов сохраняется, однако все они, за исключением *F.gagatoides*, становятся редкими. Полярные виды представлены единичными угнетенными муравейниками *F.lugubris* и *F.truncorum*. Дальнейшая деградация среды ведет к исчезновению полярных видов и снижению количества и обилия остальных муравьев. Практически полное отсутствие подстилки приводит к исчезновению обитателя этого яруса *M.ruginodis* и более редкой встречаемости *L.acervorum*. На болотах пустошей единичные гнезда *F.picea* обнаруживаются на тех кочках, где еще сохраняются растения.

Таким образом, в описанных биотопах муравьи заселяют сравнительно менее увлажненные и более прогреваемые микроместообитания. Ареалы облигатно доминантных видов *F.lugubris*, *F.truncorum*, *F.exsecta* ограничены на Кольском п-ове редкостойными березняками, но эти виды способны дальше проникать на север по верховым болотам и нарушенным редколесьям. Техногенная деградация редкостойных березовых лесов на первом этапе приводит к увеличению количества обитающих в них видов муравьев, повышению обилия видов и усложнению структуры доминирования. На последующем этапе происходит снижение обилия видов, а затем их численности. При этом первыми исчезают облигатно доминантные виды муравьев. После разрушения биогеоценозов на их месте в понижениях микрорельефа сохраняются небольшие участки обедненной и угнетенной растительности, разделенные значительными песчано-каменистыми пустошами и населенные одним-тремя малочисленными видами муравьев. На верховых болотах изменения мирмекофауны происходят более просто. По мере разрушения растительного покрова гряд и кочек количество и обилие видов уменьшается до единичных значений. Эта тенденция нарушается в фрагментированных березняках благодаря притоку на болото смывтой органики, повышающей продуктивность окраин.

Результаты работы позволяют заключить, что в лесотундре северо-запада Кольского п-ова разнообразие муравьев невелико, но виды широко распространены. Это позволяет облегчить сбор полевых материалов. Деградация биогеоценозов сказывается на числе и обилии видов характерным образом для каждой ее стадии. Это дает возможность упростить диагностирование степени нарушенности экосистем. Муравьи сохраняются в почти полностью разрушенных биогеоценозах, что делает реальным получение непрерывных рядов данных, начиная от зоны наиболее высокого уровня загрязнения. Мониторинг разнообразия муравьев позволяет надежно индентифицировать степень разрушения и отслеживать изменение биогеоценозов при использовании совместно критериев количества видов и их встречаемости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Арнольди К.В. Зональные зоогеографические и экологические особенности мирмекофауны и населения муравьев Русской равнины. // Зоол. журн. – 1968. Т. 47. Вып. 8. – С. 1155-1178.
2. Блинова С.В. Влияние твердых выбросов предприятий на муравьев (Hymenoptera, Formicidae). // Муравьи и защита леса: Мат-лы XII Всеросс. мирмекол. симп. – Новосибирск, 2005. С. 69-72.
3. Длусский Г.М. Методы количественного учета почвообитающих муравьев. // Зоол. журн. – 1965. Т. 44. № 5. – С. 716-727.
4. Дмитриенко В.К. Муравьи как индикатор нарушений природной среды. // Система мониторинга в защите леса: Тез. докл. Всес. совещ. – Красноярск, 1985. С. 36-37.
5. Захаров А.А. Применение метода исчерпывающих выборок при учете муравьев. // Pedobiologia. – 1976. Vol. 16. – С. 418-424.
6. Захаров А.А. Муравьи как модельный объект изучения динамики биоразнообразия. // Динамика разнообразия животного мира: Мат-лы Всеросс. совещ. – М.: ИПЭЭ РАН, 1997. С. 139-143.
7. Захаров А.А. Муравьи: жизнь в лесу. // Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. XX. Насекомые в лесных биогеоценозах. / Отв. ред. Ю.И. Чернов. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. С. 54-78.
8. Захаров А.А. Саблин-Яворский А.Д. Биосоциальные структуры как элементы тестирования состояния



- среды. // Муравьи и защита леса. Тез. докл. 9-го Всес. мирмекол. симп. – М., 1991. С. 34-36.
9. Резникова Ж.И. Межвидовые отношения у муравьев. – Новосибирск : Наука, 1983. 206 с.
10. Сорокина С.В. Влияние угольной промышленности на поселения муравьев г. Прокопьевска. // Муравьи и защита леса. Мат-лы XI Всеросс. мирмекол. симп. – Пермь: ПГУ, 2001. С. 167-169.
11. Gosswald K. Die Waldameise. Band II. Die Waldameise in Okosystem Wald, ihr Nutzen und ihre Hege. Wiesbaden Aula-Verlag, 1990. 510 S.
12. Koponen S., Niemelä P. Heavy metal content of ants and spiders along pollution gradient in pine forest, Finland. // 5th Europ. Congress of Entomol. 29 Aug. – 2 Sept. 1994, York, UK :Abstr. – York : Univ. of York, 1994. – P. 317.
13. Nagoda D. Bevar naturrikdommen i et hav i endring. // Barents watch, 2006. P. 20-21.
14. Otto D. Dieroten Waldameisen. – Wittenberg, 1962. 152 S.
15. Rabitsch W.B. Contribution to heavy metal accumulation in Formicidae. // 5th Europ. Congress of Entomol. 39 Aug. – 2 Sept, 1994, York, UK: Abstr. – York: Univ. of York, 1994. P. 323.
16. Wilson E.O. The diversity of life. – N.Y. – L.: W.W. Norton&Co., 1993. 424 p.

A. Mershchiev

MYRMECOLOGICAL MONITORING ON THE POLLUTON DAMAGED AREA IN FOREST-TUNDRA OF THE KOLA PENINSULA

*Abstract:* Technogenic degradation in forest-tundra leads to increase in quantity of ant species, increase of an abundance of species and complication of structure of domination at the first stage. After that there is a decrease in an abundance of species, and then their quantities. The first disappear obligatory dominance species of ants. Sand-stony heathlands are occupied by one-three rare species of ants. Monitoring of biodiversity of ants allows to display reliably a degree of destruction of environment and to trace change of ecosystems at use in common criteria of quantity and occurrence of species.

*Key words:* biodiversity monitoring, abundance of species, domination structure.