

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

УДК 57 (075.8)

М.М. Комбарова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБОРИГЕННОЙ ПОПУЛЯЦИИ МУРАВЬЕВ (*Formica rufa* Linnaeus) ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ ПАРКА ПОСЕЛЕНИЯ «СОСНОВЫЙ БОР» Г. ПЕРМИ

Проведен долгосрочный мониторинг популяций муравьев *Formica rufa* Linnaeus в разновозрастных муравейниках, находящихся в разных биотопах. Выявлена сезонная динамика морфофизиологического статуса и базовых реакций муравьев. Показана корреляция кормовых предпочтений муравьев относительно сезонов года и удаленности муравейника от мест скопления твердых бытовых отходов. Приведены результаты биоиндикаторной оценки антропогенного влияния на особо охраняемую территорию.

Ключевые слова: рыжий лесной муравей, *Formica rufa* Linnaeus, особо охраняемая территория, биоиндикаторные свойства, популяция муравьев, муравейник, ответные реакции, кормовые предпочтения, процессы жизнедеятельности.

Несколько десятилетий назад темпы изменений природных комплексов под влиянием хозяйственной деятельности значительно уступали естественной динамике экосистем, в настоящее время скорость антропогенной трансформации природной среды района преобладает над естественной. Прямое или косвенное антропогенное воздействие приводит к тому, что десятки популяций находятся на критическом пределе численности, ставящем под угрозу возможность воспроизведения видов. Одним из наиболее значимых антропогенных факторов является сокращение площади, занятой естественной растительностью, что приводит к ликвидации или деструкции биогеоценозов. Таким образом, расширение отдельных районов городов неизбежно ведет к потере устойчивости всей региональной экосистемы и сниже-

нию качества жизни населения. Напротив, разумное планирование городской застройки позволяет обеспечить сохранение и создание зеленых массивов, приемлемые условия существования для видов, толерантных к присутствию человека, регенерацию природных экосистем, окружающих город и, в конечном итоге, благотворному воздействию на физическое и психическое здоровье населения.

Основной задачей в сфере сохранения и восстановления природной среды является создание и развитие особо охраняемых природных территорий разного уровня, сохранение уникальных природных комплексов [1]. Система охраняемых природных территорий представляет исключительную ценность с точки зрения поддержания естественного функционирования экосистем и сохранения биоразнообразия.

Экологическую опасность, или риск, следует оценивать с учетом не только характера и силы антропогенного воздействия, но и биологических свойств реагирующей системы. Ведь важны не сами уровни загрязнений и воздействий, а те биологические эффекты, которые они могут вызвать. В первую очередь учитывается изменение численности видов.

В зависимости от типа ответной реакции биоиндикаторы подразделяют на чувствительные и кумулятивные. Чувствительные биоиндикаторы реагируют на стресс значительным отклонением от жизненных норм. Особенно ценны и удобны для индикационных работ сообщества крупных беспозвоночных, чувствительных биоиндикаторов: популяции дождевых червей, многоножек-кивсяков, диких пчелиных, муравьев [2].

Огромное значение в биогеоценозах имеют общественные насекомые, в частности муравьи, являющиеся одновременно звеном трофической цепи и сдерживающим фактором численности многих видов мелких животных.

В качестве биоиндикатора, чувствительного к антропогенному влиянию, нами был выбран рыжий лесной муравей (*Formica rufa Linnaeus*) (рис. 1). Являясь массовым и распространенным насекомым с широким спектром ответных реакций, рыжий лесной муравей широко применяется в качестве биоиндикаторного организма в России и в других странах.

Научно-исследовательская работа проводилась на территории парка поселения «Сосновый бор» в зоне Студенческого городка в период с марта 2011 г. по ноябрь 2012 г. В рамках тра-

диционного сотрудничества кафедры «Охрана окружающей среды» ПНИПУ и МОАУ СОШ № 12 г. Перми ученики школы во время летнего экологического лагеря оказывали содействие в выполнении данной работы.



Рис. 1. Рабочая особь рыжего лесного муравья. ×10
(Все фотографии выполнены автором)

На территории парка «Сосновый бор» располагаются уникальные ландшафтные и биологические комплексы, имеющие особую экологическую и эстетическую ценность. Здесь произрастают редкие виды растений и селятся охраняемые, исчезающие животные. Лесной массив парка представлен в основном слож-

ными и зеленомошными сосново-еловыми борами, черничниками и кисличниками II и III бонитетов (рис. 2).

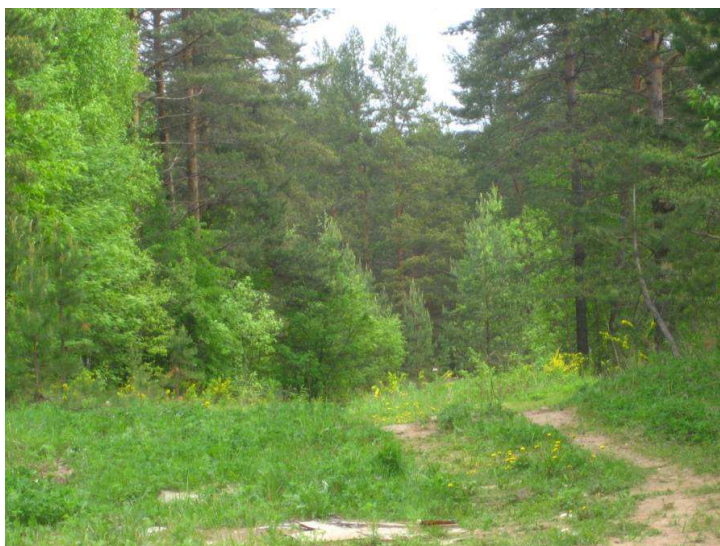


Рис. 2. Опушка сосново-елового бора парка поселения «Сосновый бор» г. Перми

Данная территория относится к особо охраняемой на основании постановления администрации Пермского края, которое вступило в силу 8 октября 2003 г. [3]. Однако территория находится в проблемном состоянии. Здесь на протяжении последних десятилетий парковая зона загрязняется твердыми бытовыми отходами, разжигаются костры, вырубается деревья, завозятся

домашние животные, происходит массовый сбор грибов и лекарственных растений. По нашим наблюдениям, в зоне Студенческого городка за период с 2007–2012 гг. значительно возросла численность синантропных животных: ворон, сорок и крыс и, как следствие, существенно сократились количество и видовой состав насекомоядных птиц.

Нами была выдвинута рабочая гипотеза, что на данной территории антропогенный фактор существенно влияет на количественные и качественные показатели популяций облигатно лесных насекомых, в частности муравьев.

Приведем таксономическую принадлежность объекта исследований:

царство: *животные*
 тип: *членистоногие*
 класс: *насекомые*
 отряд: *перепончатокрылые*
 семейство: *муравьи*
 род: *Формика*
 вид: *рыжий лесной муравей*

Международное научное название: *Formica rufa* Linnaeus, 1761.

Охранный статус. Рыжие лесные муравьи включены в «Красный список исчезающих видов» международной Красной книги Всемирного союза охраны природы в статусе Lower Risk/near threatened (таксоны, близкие к переходу в группу исчезающих). Также муравьи *Formica rufa* Linnaeus включены в некоторые региональные Красные книги и списки редких животных: в Красную книгу Москвы, Красную книгу Воронежской области и Красную книгу Днепропетровской области. Они близки к уязвимому положению [4].

Общие сведения о муравьях Formica rufa Linnaeus. *Formica rufa* Linnaeus – вид средних по размеру муравьев рода Формика (Formica) из подсемейства Формицины (Formicinae) семейства Formicidae.

Рыжий лесной муравей длиной около 7–14 мм, красно-бурого цвета, имеют крупную голову, половину брюшка занимает кислая ядовитая железа, окруженная мощным мускулистым мешком. При сокращении мышц струя жидкости выбрасывается на расстояние до нескольких десятков сантиметров [5]. Отметим, что эта особенность муравьев – атака

противника ядовитой жидкостью – использована для оценки степени защитной реакции.

Постройки (гнезда, муравейники) муравьев состоят из хвоинок, мелких веточек, кусочков коры. На первый взгляд кажется, что весь этот природный строительный материал набросан беспорядочно. Однако оказывается, что даже в самый сильный дождь поверхность муравейника не промокает и все внутренние ходы и камеры остаются сухими. Высота таких муравейников обычно составляет 0,5–0,7 м, но иногда они достигают высоты 1,5 м. Началом для постройки гнезда зачастую служит старый пенёк.

Продолжительность муравьиной постройки обычно не превышает 150 лет. Муравьи-работчие непрерывно осуществляют в муравейнике восстановительные работы: ремонт, вызванный разрушением гнезда другими животными или человеком, локальные обновления строительного материала или его полная замена на аналогичный материал (например, при загнивании одревесневших веточек) [6].

В условиях Урала в конце марта, обычно в полдень, когда поверхность гнезд сильно нагревается, муравьи поднимаются из зимовочных камер и начинают появляться у входов, а затем концентрируются на куполе или стволах деревьев. Вначале они выполняют разные внутригнездовые работы: подновляют камеры и ходы, очищают их от сора и рабочих, погибших во время зимовки. В это же время идет возобновление старых маршрутов, муравьи бродят поодиночке по старым дорогам, стволам и веткам деревьев и кустарников. К концу сентября активность муравьев на тропках резко снижается, и по ним бродят лишь отдельные рабочие.

Население средних гнезд насчитывает около 500 000 особей, а в крупных бывает до миллиона муравьев. Каждая семья владеет обособленной, охраняемой территорией, в пределы которой другие муравьи не допускаются.

На ней муравьи прокладывают запаховые дороги (их еще называют фуражными), по которым транспортируют пищевые продукты и строительный материал. Длина дорог может превышать 100 м, а их общая протяженность доходит до 1000 м [7].

Муравьи успешно доставляют в муравейник насекомых не только мелких, но и превосходящих их по массе. Если же добыча очень велика, то они транспортируют ее коллективно

и/или расчленяют. Основу питания муравьев составляют два компонента: белковый и углеводный. При этом углеводный в основном потребляется взрослыми особями, а белковый — личинками. В качестве источника белковой пищи используются различные беспозвоночные, главным образом насекомые. Муравьи охотятся на них или собирают трупы. Основным источником углеводной пищи служит для муравьев медвяная роса или падь — сладкое выделение тлей и других хоботных насекомых (червецов, щитовок). Помимо пади и насекомых, муравьи могут питаться соком растений, нектаром, пыльцой, грибами, семенами. Вся пища, которую собирают муравьи, приносится в гнездо и там распределяется между всеми членами семьи.

Рост численности семьи сопровождается образованием в муравейнике более мелких подсистем — колонн — самостоятельно функционирующих группировок. Обособление их не нарушает целостности семьи, так как между ними происходит постоянный обмен. Если численность одной из колонн несоизмеримо возрастает, происходит ее деление на две или отделение молодой семьи.

Муравьиные семьи могут существовать на протяжении долгого периода времени. Королева может жить до 20 лет, рабочие особи живут от 1 до 3 лет. Самцы, однако, живут всего несколько недель. Муравьиные королевы живут в 100 раз больше, чем одиночные насекомые аналогичного размера. В естественных условиях в течение года население муравейника почти полностью обновляется [7, 8].

Мониторинг исследования. При выполнении работы нами использовались стандартные и авторские методики [9] по выявлению:

- комплекса ответных реакций популяций муравьев *Formica rufa Linnaeus*;
- гендерной и ролевой дифференциации данного вида;
- морфофизиологического статуса особей и сообществ муравьев *Formica rufa Linnaeus*.

Для мониторинга были выбраны разновозрастные муравейники, находящиеся в биотопах с антропогенной нагрузкой (табл. 1).

Основные характеристики выбранных муравейников *Formica rufa* Linnaeus

Номер муравейника	Размеры муравейника, см (<i>D</i> – диаметр, <i>H</i> – высота); данные 2011 г./2012 г.	Биотоп	Освещение	Численность муравьев на 1 м ² 2011 г./2012 г.	Примечание
1	<i>D</i> – 140/140, <i>H</i> – 65/68	Опушка смешанного сосново-елового бора черничника-брусничника	Хорошо освещается солнцем, так как находится на границе лес/опушка	2700/2600	В ноябре 2010 г. в основании муравейника появилось отверстие шириной 20 см, глубиной 15 см, очевидно сделанное животным (барсук, лиса). К августу 2011 г. отверстие было заделано муравьями
2	<i>D</i> – 110/114, <i>H</i> – 56/62	Опушка смешанного леса	В светлое время дня всегда освещается солнцем, находится в отдалении от деревьев	1800/2000	В августе 2010 г. муравейник имел значительно деформированный купол, предположительно разрушенный дятлом. В июле 2011 г. купол был восстановлен
3	<i>D</i> – 110/112, <i>H</i> – 55/55	Лесной колок (молодой осинник и молодой сосняк), у самого подножия пышной одиночной ели под густым пологом ветвей	Никогда не освещается солнцем	2400/2400	На расстоянии 25 м располагается мусорный контейнер открытого типа. Отходы разносятся ветром и посредством бездомных собак, находятся в непосредственной близости от муравейника
4	<i>D</i> – 50/40, <i>H</i> – 20/14	Смешанный лес, березово-липовый	Хорошо освещается солнцем, так как находится на границе лес/опушка	300/0	В апреле 2010 г. муравейник подвергся разрушению верхней части купола. В 2011 г. восстановительные работы в муравейнике не проводились. В 2012 г. замечены единичные особи
5	<i>D</i> – 100/110, <i>H</i> – 62/70	Опушка смешанного леса (в основном молодого осинника) и сосново-елового бора кисличника	Незначительно освещается солнцем во второй половине дня	2200/2600	По визуальным оценкам скорость перемещения муравьев на данном муравейнике и фуражных тропах всегда заметно выше, чем в других популяциях

При проведении экспериментов по выявлению кормовых предпочтений нами использовались две группы кормов. В первую группу входили белоксодержащие продукты: колбаса вареная высших сортов и сыр плавленый, а во вторую – углеводсодержащие продукты: крупы, хлебобулочные и кондитерские изделия. Эксперимент проводился в повторности с апреля по октябрь, с интервалом в неделю в определенный день. Корма раскладывались на верхнюю часть муравейника вне зоны тревожности (купол и прилегающая территория), время экспозиции корма составляло 10 мин. Далее оценивалась привлекательность продукта по числу муравьев, поедающих ее.

Оценка кормовых предпочтений представлена в табл. 2. Мы предполагали, что для насекомых в муравейнике № 3, расположенном рядом с мусорным контейнером, спектр привлекательных кормов будет шире, чем для муравьев других муравейников. В процессе работы данная гипотеза полностью подтвердилась.

Таблица 2

Оценка кормовых предпочтений в популяции муравьев

Номер муравейника	Углеводсодержащие продукты				Белоксодержащие продукты	
	хлеб	конфета	торт	крупы	сыр	колбаса вареная
1	*	***	**	**	0	0
2	**	0	***	*	0	0
3	**	***	**	*	**	***
4	*	***	*	**	0	0
5	**	***	0	**	*	*

Обозначения: 0 – нет реакции; * – слабая реакция; ** – средняя реакция; *** – ярко выраженная реакция.

Кроме того, выявлена сезонная зависимость кормовых предпочтений рыжих муравьев. Известно, что весной и в начале лета муравьи предпочитают углеводсодержащие корма, а во второй половине лета и осенью ориентируются на белковую пищу, так как выкармливают ей появившихся личинок. Так и происходит в популяциях № 1, 2, 4, 5.

Из пяти популяций только одна – из муравейника № 3, находившегося рядом с мусорным контейнером, показала иные кормовые предпочтения. В этом муравейнике почти все предложенные корма привлекательны для насекомых, сезонная зависимость отсутствует.

Результаты эксперимента по кормовым предпочтениям, проведенные осенью года, существенно отличаются от результатов летнего периода. Муравьи со второй декады сентября не реагировали на пищевые объекты. Следует учесть, что во время проведения эксперимента была ясная погода с комфортной для муравьев температурой +16–17 °С. Мы наблюдали общую картину во всех муравейниках: движения муравьев были замедленными, не было векторной направленности и целеустремленности. Мы полагаем, что такое поведение муравьев вызвано тем, что самка-королева уже выделяла гормон, готовящий муравьев к зимней спячке. Поэтому со второй декады сентября мы наблюдали сезонное угасание жизненных функций у муравьев.

Нами были проведены эксперименты *по выявлению ответных реакций на внешние раздражители и нестандартные ситуации* в летний и осенний периоды. Оказалось, что летом муравьи во всех муравейниках активно и быстро реагировали на угрожающий объект. В осенний период защитные реакции ослабевали и в первой декаде октября независимо от метеорологических условий уже полностью отсутствовали. Другие результаты наблюдались в муравейнике № 3, там насекомые в осенний период не проявляли защитных реакций.

Аналогичные результаты были получены при исследовании *ответных реакций муравьев на нейтральный объект*. С этой целью на муравейнике размещали незнакомые, недвижимые объекты – бумажные карточки 10×10 см (рис. 3). Отмечено, что менее всего реагировали на нейтральные объекты насекомые муравейника № 3, которые, возможно, адаптировались к попаданию легких фракций отходов из мусорного контейнера на поверхность муравейника и прилегающую территорию.

Моделирование основных процессов жизнедеятельности рыжих лесных муравьев в изоляции проводилось в лабораторных условиях. Сроки активной деятельности и особенности базовых поведенческих реакций в изоляции косвенно указывают на общий морфофизиологический статус популяции. Сроки продолжительности жизни муравьев в изоляции обусловлены количеством и качеством особого гормона, который передает самка-королева всей популяции в муравейнике. Сильная самка-королева вырабатывает сравнительно много такого вещества, которое позволяет каждому муравью существовать полноценной

жизнью вне сообщества около 5–6 суток. Соответственно, выработка специфического гормона напрямую зависит от качества и количества корма, который получает самка-королева [9, 10].



Рис. 3. Ответные реакции муравьев на нейтральный объект в виде пятен кислоты на бумаге

Результаты моделирования в 2011–2012 гг. показали сравнительно высокий уровень устойчивости популяций муравейников № 1, 2, 5. Продолжительность жизни в условиях изоляции составляла у отмеченных популяций не менее 6 суток с сохранением основных инстинктов на нормальном уровне.

У сообществ муравьев из муравейников № 3, 4 сроки жизнедеятельности в изоляции не превышали 2 суток, основные инстинкты проявлялись слабо, отдельные поведенческие реакции, такие как защитная реакция, поисковая деятельность, отсутствовали.

Исследовались *морфофизиологические особенности* муравьев *Formica rufa Linnaeus* с применением стереомикроскопа «Olympus SZX10», при работе с увеличением объекта от 10 до 300 раз, были рассмотрены покровы тела, глаза, антенны, ротовой аппарат, генеративные органы, конечности *Formica rufa*. С помощью специального программного обеспечения выполнено более двухсот фотографий, характеризующих морфофизиологический статус муравьев на данной территории.

В популяциях наблюдаемых муравейников у насекомых обнаруживаются два типа жвал: одни длинные и изогнутые, другие широкие, сравнительно короткие. Такое различие в строении жвал обусловлено тем, что в популяции муравьев

длинные, изогнутые жвалы имеют муравьи-охранники, а широкие, зазубренные – муравьи-фуражиры (рис. 4). Следует отметить, что численное соотношение охранников и фуражиров во всех муравейниках составляет примерно 1:14. Однако в муравейниках № 3, 4 дифференциация жвал выражена слабо.

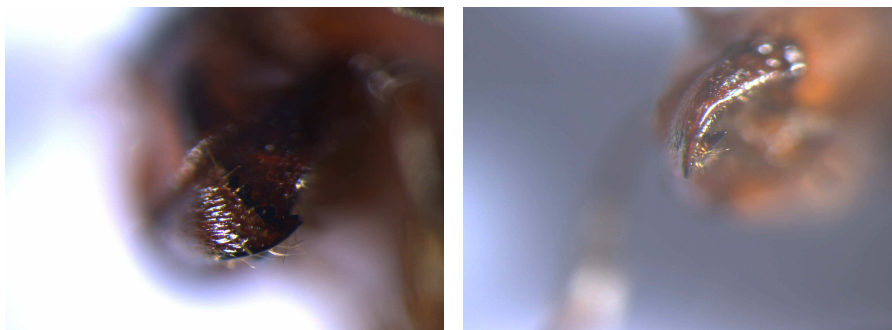


Рис. 4. Слева – жвалы муравья-фуражира, справа – муравья-охранника. $\times 180$

Установлено, что за весь период наблюдений 2010–2012 гг. длина самых мелких особей рыжего лесного муравья не превышала 5 мм, а самых крупных достигала 9 мм (без учета длины антенн). Однако в летний период, с июня по август, в муравейниках размеры муравьев приблизительно одинаковы – 8–9 мм, что косвенно указывает на стабильный и достаточный объем кормовой базы у всех муравейников на данной территории.

Комплексные исследования популяций рыжих лесных муравьев показали, что антропогенное воздействие на территорию парка-поселения «Сосновый бор» в незначительной степени влияет на жизнедеятельность сообществ муравьев *Formica rufa* Linnaeus, которые по основным показателям находятся в удовлетворительном состоянии.

Прессинг на данной территории сказывается в основном на изменениях кормовых приоритетов насекомых в сторону смещения предпочтений к углеводсодержащим кормам, которые входят в состав твердых бытовых отходов на замусоренных территориях парковой зоны. Однако переориентация муравьев на несвойственные им корма и искусственное изменение сезонных кормовых предпочтений могут привести к нарушению биологического равновесия в трофических цепях, что повлечет за собой вспышку численности насекомых, в том числе и вредителей леса. В перспективе такой видовой дисбаланс насекомых может вызвать уничтожение или ухудшение качества травянистого

покрова и деревьев, исчезновение некоторых насекомоядных птиц и животных и другие комплексные проблемы деструктивного характера на охраняемой территории.

В связи с этим считаем необходимым обеспечение эффективной природоохранной деятельности на территории парка-поселения «Сосновый бор» г. Перми силами муниципалитета, общественными организациями и населением.

В перспективе нашей работы – продолжение исследований по оценке состояния и активности муравейников на других территориях поселения «Сосновый бор» г. Перми.

Библиографический список

1. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. – М.: Мысль, 1986. – 238 с.
2. Рыжий лесной муравей // Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 15.10.2012).
3. Об утверждении положения о парке-поселении «Сосновый бор»: постановление администрации города Перми от 8 октября 2003 г. № 2947.
4. Жизнь животных: в 7 т. / под ред. В.Е. Соколова. – Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры / под ред. М.С. Гилярова, Ф.Н. Правдина. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1984. – 463 с.
5. Захаров А.А. Муравей, семья, колония. – М.: Наука, 1978. – 144 с.
6. Длусский Г.М. Муравьи рода *Formica* / под ред. К.В. Арнольди. – М.: Наука, 1967. – 236 с.
7. Брайен М.В. Общественные насекомые: Экология и поведение = Social Insects: Ecology and Behavioural Biology / под ред. Г.М. Длусского М.: Мир, 1986. – 400 с.
8. Халифман И.А. Операция «Лесные муравьи». – М.: Лесная промышленность, 1974. – 232 с.
9. Дунаев Е.А. Муравьи Подмосковья: методы экологических исследований / МГСЮН. – М., 1997. – 96 с.
10. Перспективы муравьеводства. Рыжие лесные муравьи как основа биологического лесозащитного комплекса // Сайт о защите и культивировании муравьев в натуральных условиях. – URL: <http://shnurok14.narod.ru/Animals/Ants/Ants5.htm> (дата обращения: 16.10.2012).
11. *Formica rufa* (рыжий лесной муравей) // Сайт любителей муравьев. – URL: http://www.antclub.org/sub_Formicinae/Formica_rufa (дата обращения: 16.10.2012).

Получено 22.10.2012

M. Kombarova

**USE OF ABORIGINAL POPULYACII OF ANTS
(*Formica rufa Linnaeus*) FOR ESTIMATION OF
THE STATE OF THE ESPECIALLY GUARDED TERRITORY
OF PARK OF CITY OF PERM**

The long-term monitoring of populyaciya of ants of *Formica rufa* Linnaeus is conducted in the uneven-age ant-hills, being in different biota. The seasonal dynamics of status and base reactions of ants is exposed. Correlation of forage preferences of ants is rotined in relation to the seasons of year and remoteness of ant-hill from the places of accumulation of hard domestic wastes. The results of bioindicator estimation of anthropogenic influence are resulted on the especially guarded territory.

Keywords: red forest ant, *Formica rufa* Linnaeus, especially guarded territory, bioindicator properties, populyaciya of ants, ant-hill, return reactions, forage preferences, processes of vital functions.

Комбарова Мария Михайловна (Пермь, Россия) – ведущий инженер кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: mariya@eco.pstu.ac.ru).

Kombarova Maria (Perm, Russia) – a leading engineer of department is «Guard of environment» of Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy av., 29, e-mail: mariya@eco.pstu.ac.ru).