

Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»

Эколого-биологический центр «Крестовский остров»

Лаборатория Экологии Морского Бентоса (гидробиологии)

**Сравнение расположения и формы муравейников в двух ООПТ
Ленинградской области**

Манылова Ярослава Алексеевна, 8 класс

*Научный руководитель:
Аристов Дмитрий Алексеевич,
кандидат биологических наук, научный сотрудник
ФБГУН “Зоологический институт РАН”,
педагог дополнительного образования
ЭБЦ “Крестовский остров” СПбГДТЮ.*

Санкт-Петербург

2021

Оглавление

Введение.....	3
Литературный обзор.....	4
Материалы и методы.....	5
Результаты.....	7
Обсуждение.....	9
Выводы.....	10
Благодарности.....	11
Литература.....	11

Введение

Муравьи играют большую роль в экосистемах, взаимодействуя с другими видами сообщества: с одной стороны, муравьи - активные консументы. Они охотятся на некрупных насекомых и их личинок (Павлова, Аникин, 2018); с другой стороны, муравьи вступают в мутуалистические отношения с грибами, например муравьи – листорезы, обитающие в Америке, которые культивируют грибы и питаются ими (Mueller et al., 2004). Муравьи могут вступать в мутуалистические отношения не только с растениями, но и с тлями. Муравьи защищают тлей от хищников, например, от божьих коровок и доят их для получения пади (Новгородова, Рябинин, 2015). Также муравьи оказывают влияние на аэрацию и плотность почв сооружая большое количество ходов под муравейником и увеличивают рН почв за счет выделений слюнных желез (Жигульская, 2009; Дайнеко, Русаков, 2012).

Муравьи живут большими группами и являются эусоциальными животными, каждая особь в колонии выполняет определенные функции. Самцы участвуют только в оплодотворении и погибают сразу после него, самки же могут выполнять разные функции. Фертильные самки основывают новые семьи муравьев, таким образом выполняя функцию расселения. В уже сформировавшейся семье самка занимается только воспроизводством потомства. Заботу о потомстве и остальные функции берут на себя рабочие муравьи (Длусский, 1967). Лишь немногие виды наших муравьев строят наземные гнезда (или гнезда с выраженной наземной частью), однако эти муравейники наиболее заметны (Длусский, Букин, 1986). Муравейники разных видов муравьев различаются, например, рыжий лесной муравей строит муравейники, имеющие подземную и надземную часть (купол), который состоит из хвои, мелких веточек или травы (Длусский, Букин, 1986).

Муравейники могут существовать долго, не один десяток лет, при этом достигая больших размеров (Длусский, Букин, 1986). Поэтому они могут быть особенностями экосистем определенных территорий, например, ООПТ.

ООПТ (особо охраняемые природные территории) создаются для сохранения видов растений и животных, обитающих на данной территории. Поэтому инвентаризация видов, населяющих ООПТ крайне важна. В случае муравьев для оценки их активности и количества можно инвентаризировать муравейники. Эта работа трудоемкая, и нам неизвестны количественные данные ни для одной ООПТ Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Памятник природы “Комаровский берег”, 2015; Государственный природный заказник «Линдуловская роща», 2016), что и послужило основой данной работы.

Цель данной исследовательской работы - сравнить характер распространения и некоторые параметры муравейников из двух ООПТ: памятника природы “Комаровский берег” и природного заказника “Линдуловская роща”. В рамках поставленной цели мы решали следующие задачи:

1. Сравнение количества муравейников в двух ООПТ;
2. Выявление особенностей формы и размеров муравейников в двух ООПТ;
3. Сравнение этих параметров муравейников для двух исследованных ООПТ.

Литературный обзор

Муравьи - семейство насекомых из надсемейства муравьиных, отряд перепончатокрылых. (Длусский, 1983). Муравьи эусоциальные насекомые, они живут большими колониями – семьями. В одной семье рыжего лесного муравья может жить до миллиона особей. При этом не всегда одна семья муравьев обитает в одном муравейнике, у некоторых видов при расселении между муравейниками образуются постоянные тропы или же временные, например, как у рыжего лесного муравья (Дунаев, 1997). В каждой колонии муравьев есть самка, единственная размножающаяся особь, а также рабочие муравьи. Самки могут жить до 2 лет, иногда до 10 лет, в то время как самцы погибают сразу после спаривания. Рабочие - это бесплодные самки, не способные к размножению и сильно отличающиеся по строению от самки, они выполняют остальную работу в муравейнике. У муравьев, в отличие от остальных перепончатокрылых крылья редуцированы и появляются только у самок в момент лёта. У рабочих муравьев тоже существует разделение обязанностей и деятельность, у некоторых видов это зависит от возраста и в течении жизни муравьи меняют свою “профессию”. Молодые особи ухаживают за самкой и потомством, более взрослые являются разведчиками и отвечают за поиск пищи или фуражирами и занимаются транспортировкой пищи в муравейник. У других видов, в том числе и у рыжих лесных муравьев распределение обязанностей зависит от строения каждой особи. Более крупные муравьи занимаются охотой, более мелкие собирают падь (Дунаев, 1997).

Основу питания муравьев составляют различные беспозвоночные, в том числе насекомые, пауки и кольчатые черви (Павлова, Аникин, 2018). Но помимо этого, муравьи могут использовать в пищу семена растений, а также падь тлей.

Большое количество насекомых строят различные постройки, этим занимаются как одиночные, так и колониальные. Насекомые могут

использовать постройки для откладывания личинок и выращивания потомства, например, норы роющих ос. Или же как ловушки для добычи, как ловчие ямы личинок муравьиного льва, в которые добыча проваливается и затем съедается. Но постройки одиночных насекомых не отличаются большим размером, в отличие от построек колониальных животных. Термиты из грунта и почвы, а также из своих экскрементов способны возводить термитники, наземная часть которых может достигать 5 метров в высоту, а тоннели могут уходить под землю на глубину до 40 метров. Также крупные постройки строят насекомые из отряда перепончатокрылых. К ним относятся в том числе муравьи. (Фройде, 1986)

Разные виды муравьев строят разные муравейники, у каких-то видов муравейник не имеет надземной части и представляет собой сеть подземных ходов. Муравейник рыжего лесного муравья состоит из надземной и подземной части, подземные ходы - это зимние гнезда, куда муравьи уходят на зимовку, а в куполе находятся летние гнезда, которые муравьи используют в остальное время года. Купол муравейника может достигать 2 метров в высоту, муравьи достраивают его укладывая хвою, кусочки древесины или травы на верхушку муравейника (Халифман, 1962). Что конкретно влияет на форму муравейника не вполне известно, но, возможно, на форму муравейника влияет освещенность и тип строительного материала (Длусский, Букин, 1986).

Наиболее активно муравьи строят муравейники летом, особенно в июле и августе. При этом наиболее активно достраиваются муравейники с сильным повреждением купола, а также большие муравейники. За сезон муравьи способны увеличить купол муравейника более чем на 20 сантиметров. (Гревцова, 2018).

Материалы и методы

Объектом исследования являлись жилища рыжего лесного муравья (*Formica rufa* L., 1761), которые определяли по внешнему виду (Длусский, Букин, 1986). В дальнейшем, мы будем именовать их муравейниками. Мы исследовали муравейники, располагающиеся в двух ООПТ: в природном заказнике “Линдуловская роща” и памятнике природы “Комаровский берег” (Ленинградская область). Эти две ООПТ были выбраны потому, что располагаются недалеко друг от друга (14 км), а также по ним проходят организованные экотропы, которые располагаются в лесном массиве. Материал был собран в августе и сентябре 2021 года. Учитывались все муравейники, обнаруженные не более чем в 50 метрах от тропы. Всего мы нашли 187 муравейников, 147 вдоль тропы в Комарово и 40 в Линдуловской роще. Для всех муравейников записывались координаты в десятичном формате и положение относительно тропы (справа или слева). Движение по

экотропе в Комарово осуществлялось с запада на восток, в Линдуловской роще - круговой маршрут тропы, движение по нему осуществлялось против часовой стрелки. Также у всех муравейников в Линдуловской роще и случайно выбранных 40 муравейников в Комарово мы измерили высоту, обхват и сфотографировали участок неба над муравейником для оценки сквозистости. Высота замерялась с помощью рулетки, при этом записывалась наибольшая высота от основания муравейника до его вершины, обхват измерялся веревкой, которая мы клали вокруг основания. Длину получившегося отрезка измеряли рулеткой. Фотографии участка неба над муравейником были сделаны на камеру телефона без вспышки в течение светового дня. Для дальнейшей обработки фотографий использовалась программа ImageJ. Обработка производилась следующим образом. Сначала фотографии приводились к черно-белому формату, с помощью функции `threshold` мы добивались того, чтобы граница черного и белого на фотографии соответствовала границе крон деревьев и открытого участка неба. Затем измерялась вся площадь фотографии и площадь черных участков.

Гипотезу о том, что количество муравейников в Комарово и Линдуловской роще различается достоверно мы проверяли с помощью непараметрического критерия χ^2 . Для этого получившееся распределение в группах сравнивались с теоретическим (равномерным).

Для проверки гипотезы о различии высот муравейников в Комарово и Линдуловской роще у высот в обеих точках вычислялись медианные значения высоты. После медианы сравнивались между собой с помощью аналога дисперсионного анализа - критерия Краскела-Уоллиса (Myles et al., 1973). Такой способ анализа был выбран из-за того, что распределение в обеих группах оказалось неравномерным.

Чтобы выяснить, есть ли зависимость расстояния между муравейниками от их высоты мы использовали пермутационный дисперсионный анализ, а для того чтобы определить характер этой зависимости все муравейники были разделены на три группы в зависимости от их высоты. Маленькими считались муравейники меньше 50, средними от 50 до 86, а большими больше 86. Эти значения были выбраны исходя из отсортированных значений полученных высот муравейников. Для каждой из групп муравейников были вычислены матрицы расстояний между муравейниками, для которых вычислялась суммарные статистики.

Гипотезу о том, что форма муравейника (высота/диаметр) зависит от места (Комарово/Линдуловская роща), мы проверяли, вычисляя среднее и ошибки среднего для обеих точек, а после сравнивали эти величины с помощью t критерия Стьюдента.

Во всех случаях нулевая гипотеза отвергалась, если была верна мене чем в 5% случаев. Все вычисления, а также визуализация была выполнена с помощью языка R в среде R-studio (R Core Team, 2019). Для манипуляций с

данными использовались пакеты tidyverse и readxl (Wickham, Brian, 2019; Wickham et al., 2019), визуализация данных производилась с помощью функций пакетов ggplot2 и cowplot (Wilke, 2019).

Результаты

Мы обнаружили достоверные отличия между количеством муравейников в Комарово и Линдуловской роще, что подтверждает значения критерия χ^2 ($\chi^2=61.2$, $df=1$, $p < 0.05$). Несмотря на то, что длина осмотренной тропы в Комарово короче, чем в Линдуловской роще (3.5 км против 5.5 км), в Комарово было найдено больше муравейников (147 в Комарово, 40 в Линдуловской роще).

Местоположение муравейников в двух ООПТ представлено на рисунке 1. Характер распределения муравейников различается: в Комарово они располагаются более равномерно, в то время как в Линдуловской роще муравейники в основном сконцентрированы в северо-восточной части тропы.

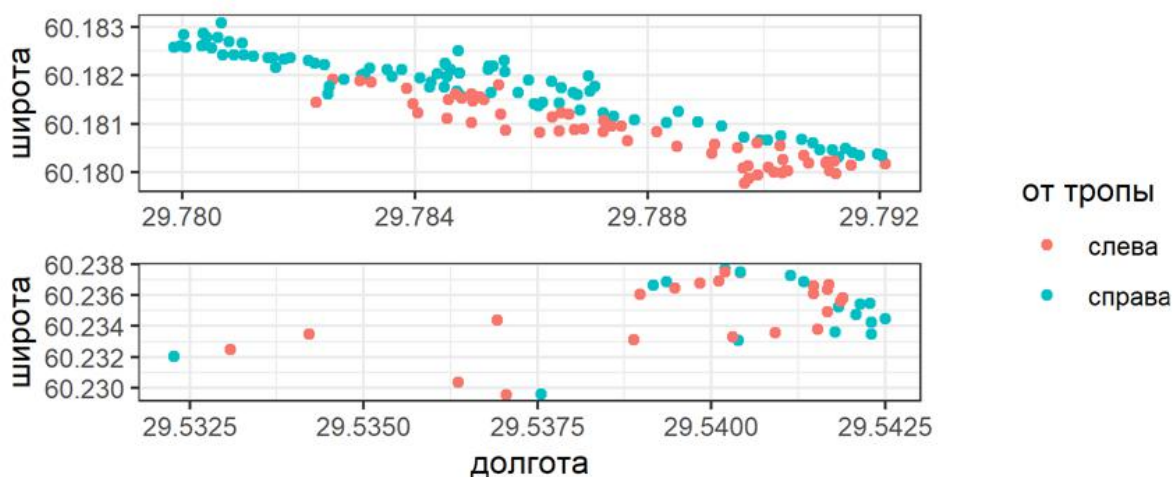


Рисунок 1. Расположение муравейников вдоль туристической тропы (не показана) в Комарово (верхний график) и в Линдуловской роще (нижний рисунок)

Для того, чтобы оценить влияет ли местоположение на высоту муравейников, мы использовали непараметрический анализ Краскела-Уоллиса. Результаты анализа показали достоверные различия между высотами ($\chi^2= 6.3$, $df = 1$, $p = 0.01$). При этом муравейники в Комарово выше, это показывает значение средних высот (75 см для Комарово, 56 см для Линдуловской рощи).

Что касается зависимости расстояния между муравейниками от их высоты, то результат пермутационного анализа показал, что в Комарово расстояние между муравейниками зависит от высоты достоверно, но слабо ($r^2= 0.27$,

$Pr(>F) = 0.002$). В Линдуловской роще зависимость слабее, чем в Комарово и недостоверная ($r^2 = 0.064$, $Pr(>F) = 0.08$). При этом в обоих местах “большие” муравейники располагаются друг к другу ближе, чем “маленькие” и “средние” (рис. 2).

По результатам анализа зависимость формы муравейника от сквозистости в обеих точках слабая и недостоверная, но местоположение достоверно влияет на форму муравейника ($t = 2.2$, $df = 70.9$, $p = 0.028$). В Комарово муравейники более “вытянутые”, а в Линдуловской роще более “приземистые” (рис. 3).

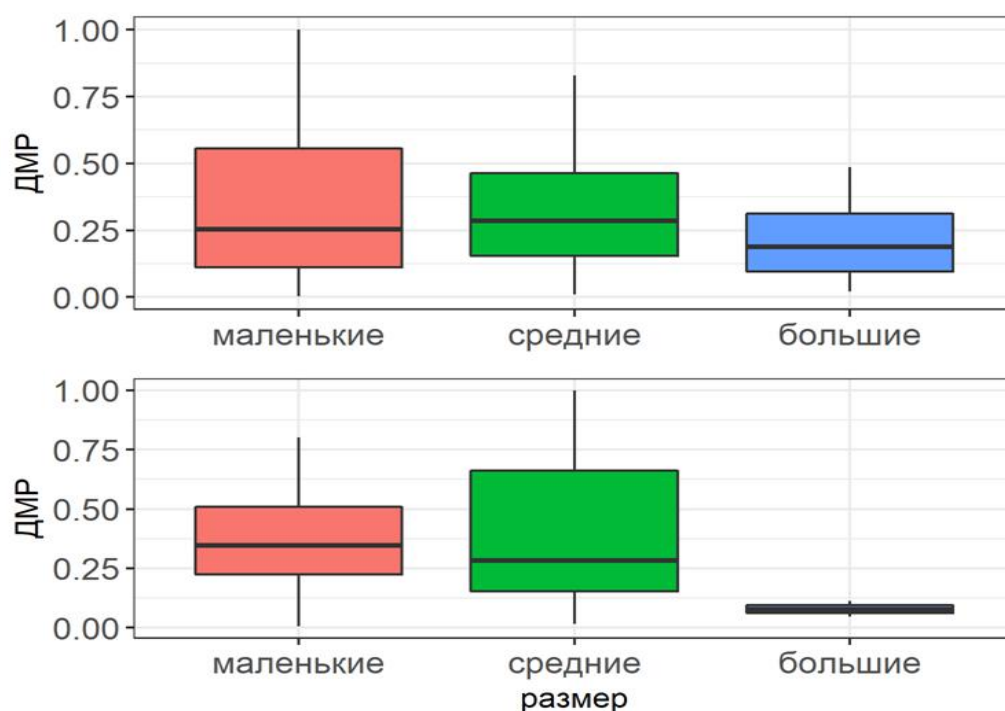


Рисунок 2. Зависимость среднего расстояния от размера в Комарово (верхний график) и Линдуловской роще (нижний график). ДМР – доля от максимального расстояния. Жирными горизонтальными линиями отмечены медианы, нижний и верхний край “коробочек” соответствуют 1 и 3 квартили. “Усами” отмечено 1.5 интерквартильных расстояния.

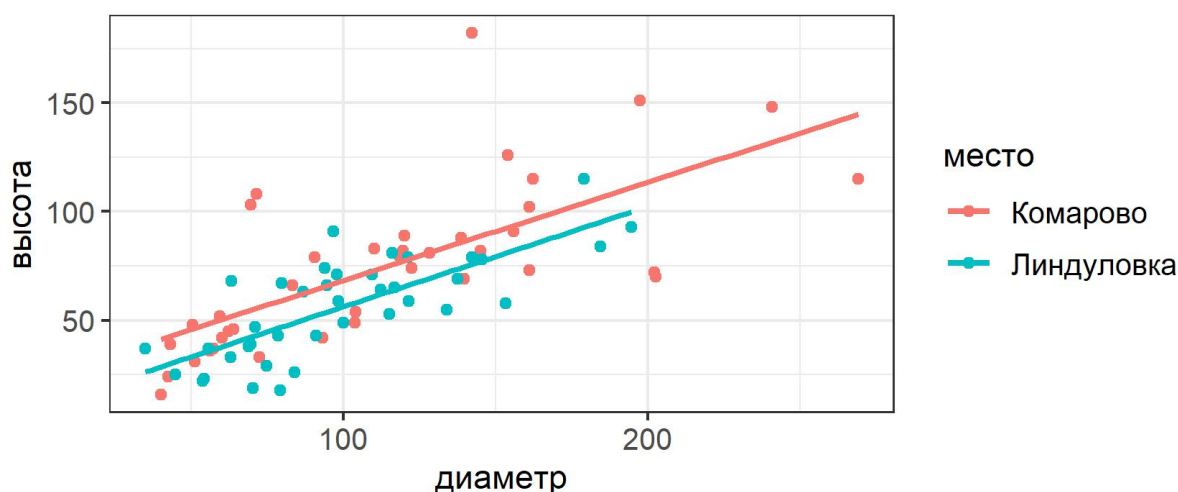


Рисунок 3. Зависимость высоты от диаметра муравейника в Комарово и Линдуловской роще, линии соответствуют линиям регрессии.

Обсуждение

Мы обнаружили, что количество муравейников в Комарово больше, чем в Линдуловской роще, несмотря на то, площадь обследованных территорий в Линдуловской роще больше. Этот результат может быть объяснен тем, что в Комарово и Линдуловской роще разные типы леса и возраст древостоя. В Комарово лес преимущественно средневозрастной еловый (Памятник природы “Комаровский берег”, 2015), а в Линдуловской роще – старейшие в Ленинградской области посадки лиственницы. Известно, что муравьи предпочитают еловый лес, а в еловых лесах – средневозрастные насаждения (Дьяченко, 2017). Таким образом, мы предполагаем, что полученный нами результат связан с тем, что в Комарово преобладают предпочитаемые муравьями породы деревьев и их возрастной состав.

Высоты муравейников, найденных в двух ООПТ достоверно различаются: в Линдуловской роще высота ниже. Это может быть связано либо с “возрастом” муравейника, либо со скоростью его “роста”. Поскольку мы предполагаем, что “возраст” муравейников в Линдуловской роще больше (исходя из возраста насаждений), то получается, что различается именно скорость “роста”. Мы связываем различия в скорости “роста” муравейников прежде всего с различием в материалах для постройки (еловые и лиственничные иголки). Данное предположение требует дальнейшего изучения и проверки.

Если предположить, что в одном месте скорость роста у муравейников примерно одинаковая, то большие муравейники будут являться наиболее старыми. В Линдуловской роще большие (то есть старые) муравейники располагаются друг к другу ближе, чем в Комарово (8 у.е. и 24 у.е. соответственно). Такое расположение объяснимо тем, что скопление

больших муравейников находится на территории самых старых посадок лиственниц в Линдуловской роще, посаженных в 1743 – 1750 годах (<http://oopt.aari.ru/ref/612>). В Комарово не проводились посадки деревьев, поэтому более старая часть леса больше и не так четко выражена, как в Линдуловской роще. Поэтому в Комарово большие муравейники располагаются менее плотно. Различия в расстоянии между муравейниками в группе “маленькие” и “средние” статистически не значимы ни на одной ООПТ.

Мы обнаружили разницу в форме муравейников в двух различных ООПТ. В Линдуловской роще муравейники “приземистые”, это значит, что отношение высоты к диаметру меньше, чем у “вытянутых” муравейников в Комарово. При этом в Линдуловской роще есть тенденция к большей сквозистости, что может объяснять более пологую форму купола.

Вообще, что влияет на форму известно не вполне (Длусский, Букин, 1986), однако отмечается влияние освещенности на этот параметр. В Линдуловской роще из-за разницы в типах леса освещенность скорее всего выше, чем в Комарово, потому что еловый лес темнее, чем лиственничный.

При этом в нашем исследовании непосредственно сквозистость не оказывает значимого влияния. Такой результат можно объяснить тем, что сквозистость не идентична освещенности, например по сквозистости нельзя оценить боковое освещение. Также возможно влияние прочих факторов на форму муравейников, к примеру материала постройки, который различен для обеих ООПТ. В Комарово – еловые иголки, в Линдуловской роще – лиственничные. В любом случае, этот вопрос еще требует дополнительного изучения.

Выводы

1. Мы обнаружили больше муравейников в Комарово, чем в Линдуловской роще. Так как в иных регионах показана связь количества муравейников с породами деревьев и их возрастом, мы предполагаем, что в нашем случае эта разница также обусловлена доминированием разных видов деревьев, а также различием в их среднем возрасте.
2. В Комарово муравейники в среднем выше, чем в Линдуловской роще. Обнаруженные различия могут объясняться разными типами доступных строительных материалов и, следовательно, скоростью роста муравейников.
3. В Линдуловской роще большие муравейники располагаются друг к другу ближе, чем в Комарово. При этом мы предположили, что большие муравейники являются наиболее старыми и будут находиться в более старой части леса. В Линдуловской роще присутствует скопление старых лиственниц, посаженных в 18 веке, и большие муравейники располагаются в основном там. Из-за отсутствия посадок в Комарово старая часть леса там не

выражена четко и больше, из-за чего большие муравейники находятся там дальше друг от друга, чем в Линдуловской роще.

4. Более пологую форму купола, кроме упомянутых выше различий в типе строительных материалов для муравейников в Линдуловской роще может объяснять тенденция к большей сквозистости на этой ООПТ. Возможно, в Линдуловской роще сквозистость больше из-за того, что лиственный лес светлее.

Благодарности

За помощь в создании научной работы хочу поблагодарить моего научного руководителя, Аристова Дмитрия Алексеевича за подбор методов анализа материала, помощь в написании текста и оформлении работы. Также я хочу поблагодарить свою семью за помощь в сборе материала и моральную поддержку.

Литература

2. Государственный природный заказник «Линдуловская роща» — 2016. Информационные материалы доступны в сети Интернет по адресу <https://ooptlo.ru/lindulovskaya-roshha.html>.
3. Гревцова Н. А. Сезонные изменения в размерах муравейников и доле рабочих с комовыми яйцами у рыжих лесных муравьев //ANTS AND FOREST PROTECTION. – С. 39.
4. Дайнеко Д. В., Русаков А. В. Влияние муравейников на залежные почвы (на примере Ярославской и Ленинградской областей) //Biological Communications. – 2012. – №. 2.
5. Длусский Г. М. (1983). Новое семейство позднемеловых перепончатокрылых насекомых — «промежуточное звено» между муравьями и сколиоидами. // Палеонтологический журнал 1983. — Т. 17, № 3. — С. 65—78.
6. Длусский Г. М. Муравьи рода формика. М.: Наука. 236 с. – 1967.
7. Длусский Г. М., Букин А. П. Знакомьтесь: муравьи //М.: Агропромиздат. – 1986. – Т. 223.
8. Дунаев Е. А. Муравьи Подмосковья: методы экологических исследований //М.: МосгорСЮН. – 1997.
9. Дьяченко Н. Г., 2017. Рыжие лесные муравьи Беловежской пуши. — Товарищество научных изданий КМК, 2017.

10. Жигульская З. А. Влияние муравьев на почвы Онон-Аргунских степей Забайкалья //Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2009. – Т. 2. – №. 1.
11. Новгородова Т. А., Рябинин А. С. Трофобиотические связи муравьев (Hymenoptera, Formicidae) и тлей (Homiptera, Aphidomorpha) в Южном Зауралье //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. – 2015. – Т. 15. – №. 2.
12. Павлова Н. С., Аникин В. В. Особенности питания и суточной активности муравьев рода *Formica* (Insecta, Hymenoptera) в лесостепных биотопах Саратовской области //Поволжский экологический журнал. – 2018. – №. 2. – С. 242.
13. Памятник природы “Комаровский берег”. — СПб, 2015.
Информационные материалы доступны в сети Интернет по адресу <http://oopt.spb.ru/wp-content/uploads/2016/01/komarovskiy-bereg.pdf>
14. Фройте М. Животные строят: пер. с нем. – Мир, 1986. – 216 с., ил.
15. Халифман И. А. Пароль скрещенных антенн. – Gosud. Izd. Detskoj Lit. Minst. Prosveščeniija RSFSR, 1962.
16. Mueller U. G., Poulin J., Adams R. M. M. Symbiont choice in a fungus-growing ant (*Attini*, Formicidae) //Behavioral Ecology. – 2004. – Т. 15. – №. 2. – С. 357-364.
17. Myles H., Wolfe, D. A., Chicken, E. Nonparametric statistical methods/ Ed. John Wiley and Sons.— NY.— 1973.— 503 p.
18. R Core Team, 2019. <https://www.r-project.org/>