



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Обзор литературы .....	6
1.1 Экологическая роль лесных пожаров .....	6
1.1.1 Влияние лесных пожаров на изменение климата .....	6
1.1.2 Постпирогенное изменение структуры растительного покрова .....	7
1.1.3 Влияние пирогенного фактора на изменение свойств почв .....	8
1.2 Воздействие лесных пожаров на почвенных беспозвоночных .....	9
1.2.1 Мгновенные последствия пожаров .....	9
1.2.1.1 Выживаемость беспозвоночных животных .....	9
1.2.1.2 Пирофильные виды .....	11
1.2.2 Кратковременные последствия пожаров .....	12
1.2.3 Долговременные последствия пожаров .....	13
1.3 Воздействие пожаров на микроартропод .....	14
2 Экологическая характеристика района исследований .....	16
2.1 Климат .....	16
2.2 Рельеф .....	16
2.3 Почва .....	17
2.4 Растительность .....	18
3 Характеристика объектов и методов исследования .....	19
3.1 Объект исследований .....	19
3.2 Методы исследований .....	23
4 Почвенные микроартроподы лиственничников северной тайги .....	28
4.1 Структура комплексов почвенных микроартропод на свежих лиственничных гарях в условиях многолетней мерзлоты .....	28
4.2 Температурные условия почв на постпирогенных участках .....	33
4.3 Формирование комплексов почвенных микроартропод на свежих лиственничных гарях .....	37
Заключение .....	45
Список использованных источников .....	46

Приложение А Влияние пожаров на свойства лесных почв .....	54
Приложение В Схема восстановления сообществ мезопедабионтов после пожара .....	56

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в криолитозоне в результате изменения климатических условий увеличивается число лесных пожаров [11]. Пирогенный фактор значительно влияет на динамику сообществ почвообитающих беспозвоночных животных [5]. Уменьшение разнообразия почвенной биоты в постпирогенных биоценозах ведёт к снижению устойчивости лесных сообществ [43].

Лесные экосистемы в Центральной Сибири имеют особое экологическое значение для сохранения биоразнообразия, устойчивости и регулирования климатических условий в биосфере [4]. В Сибири ежегодно регистрируется до 30 000 лесных пожаров, которые охватывают площади до 10 - 12 млн. га [30]. В связи с этим пожары можно рассматривать как мощный и активно действующий фактор возникновения лесных биогеоценозов. Речь идет о сохранении сибирскими лесами их экологических функций, поскольку они испытывают на себе воздействие пирогенного фактора. Наиболее актуальным становится не только снижение уровня этого воздействия, но и мониторинг состояния уже нарушенных экосистем.

Почвенная биота неизбежно реагирует на изменения, которые происходят в почвенной среде в определенный момент времени. Как утверждает Криволицкий Д. А. «комплексы почвенных беспозвоночных отличаются стабильностью и устойчивостью даже при очень неблагоприятных нарушениях, поэтому в экосистемах почвенные животные остаются последней группой, по которой можно оценить степень воздействия на биоту» [49]. Механизм трансформаций – это, в большинстве случаев, изменение гидротермических условий или физико-химических и химических свойств почв, приводящих к изменению биотических компонентов экосистемы. Таким образом, реакция почвенной биоты на ухудшение или восстановление нарушенных экосистем на местном или региональном уровне является верным показателем изменений, происходящих не только в почве, но и в экосистеме.

Цель выпускной квалификационной работы - выявление особенностей заселения почвенными микроартроподами свежих гарей в условиях многолетней мерзлоты.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ структуры комплексов почвенных микроартропод в условиях многолетней мерзлоты.

2. Оценить температурные условия на постпирогенных и не нарушенных огнем участках.

3. Определить особенности комплексов почвенных микроартропод в различных микростациях гарей и не горевших лиственничников.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Общая плотность почвенных беспозвоночных на контроле 1993 г является самой высокой – 30,3 тыс. экз/м<sup>2</sup>. На гари 1993 года численность микроартропод достигла 8,2 тыс экз/м<sup>2</sup>. На гари 2015 года и ее контрольном участке – 4,6 и 6,3 тыс. экз/м<sup>2</sup>, соответственно.

2. Комплексы почвенных микроартропод свежих лиственничных гарей можно охарактеризовать как коллемболоидные, доля коллембол составляет 60 %. Среди клещей преобладающей группой в заселении свежей гари 2015 года стали *Oribatida*, что свидетельствует о запуске процессов восстановления на этой территории.

3. Пирогенное воздействие приводит к повышению температуры, как на поверхности, так и в верхнем слое почвы. Самые высокие температуры были зафиксированы на «повышениях» свежей гари 2015 г (+ 28 °С), самые низкие - на середине «вывалов» гари 1993 г (+ 15 °С), где отсутствует растительный покров. На контрольных участках температурные условия верхних слоев почвы более выровнены, что связано с теплоизоляционной ролью мохово-лишайникового покрова.

4. На гарях среди обследованных микростаций максимальной плотностью микроартропод характеризуются «валеж» и «микропонижение». В не горевших лиственничниках плотность этих беспозвоночных выше под «лишайниковыми ассоциациями» и «валежом».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абаимов, А. П. Мерзлотное лесоведение / А. П. Абаимов, П. М. Матвеев // СибГТУ – Красноярск, 1999. - 249 с.
2. Абаимов, А. П. Особенности формирования и функционирования лиственных лесов на мерзлотных почвах / А. П. Абаимов, С. Г. Прокушкин, О. А. Зырянова, Л. Н. Каверзина // Лесоведение. – 1997. - №5. - С 13-23.
3. Александровский, А. Л. Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене / А. Л. Александровский. – Москва: Наука, 1984. – 150 с.
4. Безкоровайная, И. Н. Роль почвенных беспозвоночных в деструкции органического вещества лесных экосистем енисейского меридиана : автореф. на соиск. ученой степ. канд. биол. наук: 03.00.16 – экология. - Красноярск, 2009. 43 с.
5. Безкоровайная, И. Н. Влияние пирогенного фактора на биологическую активность почв в условиях многолетней мерзлоты (Центральная Эвенкия) / И. Н. Безкоровайная, И. В. Борисова, А. В. Климченко, О. М. Шабалина, Л. П. Захарченко, А. А. Ильин, А. К. Бескровный // Вестник КрасГАУ. - 2017. - №9. - С. 181-189.
6. Безкоровайная, И. Н. Трансформация педокомплексов микроартропод шелкопрядников южной тайги Средней Сибири после воздействия огня / И. Н. Безкоровайная, Ю. Н. Краснощеков // Вестн. КрасГУ. Сер. Естеств. науки. - 2004. - №7. - С. 53-58
7. Безкоровайная, И. Н. Азотный фонд песчаных подзолов после контролируемых выжиганий сосняков средней Сибири / И. Н. Безкоровайная, П. А. Тарасов, Г. А. Иванова, А. В. Богородская // Почвоведение. - 2007. - № 6. - С. 775–783.
8. Безкоровайная, И. Н. Структурно – функциональная организация почвенных беспозвоночных нарушенных лесных экосистем : монография / И. Н. Безкоровайная. – Красноярск : Сиб.федер. ун-т, 2014. – 100 с.

9. Березина, О. Г. Влияние лесных пожаров на сообщество коллембол сухих сосняков Тувы // Евразийский энтомологический журнал. - 2016. - № 15(5). - С. 456–463.
10. Бигон М., Харпер Д., Таундсен К. Экология. – Москва : Мир., 1989. - Т. 1. - 667 с.
11. Брюханов, А. В. Оценка эмиссий углерода при пожарах на вырубках в хвойных лесах Центральной и Южной Сибири / А. В. Брюханов, С. В. Верховец // Сибирский экологический журнал, 2005, № 1 – С. 109-112.
12. Гонгальский, К. Б. Разнообразие почвенной биоты на гарях южнотаёжных лесов (на примере Тверской Области). К. Б. Гонгальский, А. С. Зайцев // Почвоведение, 2016, №3 – С. 388–397.
13. Гонгальский, К. Б. Лесные пожары и почвенная фауна. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2014. - 169 с.
14. Дунгер В. Учет микроартропод (микрофауна) // Количественные методы в почвенной зоологии. - Москва : Наука, 1997. - С. 26-51.
15. Ершов, Ю. И. Почвенно-географическое районирование Красноярского края / Ю. И. Ершов // География и природные ресурсы. - 1998. - №2. – С. 110-118.
16. Ильина, Л. В. Растительность в послепожарной сукцессии (по наблюдениям в Окском заповеднике) / Л. В. Ильина // Природные экосистемы и их охрана. Сборник научных трудов. - Москва : ВНИИприрода. - 1981. - С. 67-72.
17. Казеев, К. Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. – 380 с.
18. Карелин, Д. В. Углеродный обмен в криогенных экосистемах: монография / Д. В. Карелин, Д. Г. Замолотчиков // – Москва : Наука, 2008. - 344 с.



19. Коропачинский, И. Ю. Восстановление живого напочвенного покрова на начальной стадии пирогенной сукцессии / И. Ю. Коропачинский, Г. А. Иванова // Сиб. экол. журн. - 2013. - №2. - С. 203-213.
20. Коропачинский, И. Ю. Интрогрессивная гибритизация лиственниц сибирской и жаурской в южной части их ареала / И. Ю. Коропачинский // Москва : Наука, 1964. С. 20-31.
21. Краснощекова, Е. Н. Почвенные микроартроподы как индикаторы пирогенной трансформации песчаных подзолов / Е. Н. Краснощекова, И. Н. Безкоровайная // Современные проблемы почвоведения и экологии. Йошкар-Ола: Марийск. гос. техн. ун-т. Ч. 2, 2006. - С. 265-269.
22. Краснощекова, Е. Н. Воздействия высоких температур на микроартропод почв при пожарах в лиственничниках Нижнего Приангарья / Е. Н. Краснощекова, И. В. Косов, Г. А. Иванова // Хвойные бореальные зоны, 2008. – С. 250-255.
23. Криволицкий, Д. А. Почвенная фауна вечномерзлотных почв / Д. А. Криволицкий, З. И. Рубцова // Почвенная фауна Северной Европы: сб. науч. ст. – Москва : Наука, 1987. - С. 79–83.
24. Лесной фонд. Статистический сборник Госкомитет СССР по лес. (Ред. М.М. Дрожалов). – Москва, 1991. - Т. П. –1021 с.
25. Матвеева, Т. А. Пожары как фактор естественного лесовозобновления / Т. А. Матвеева, А. М. Матвеев // Научный альманах, 2015. - № 7. С. 34 – 36.
26. Назимова, Д. И. Леса Красноярского края / Д. И. Назимова // Леса СССР. Москва : Изд-во «Наука», 1969., Т. 4 – С. 249-320.
27. Потапова, Н. А. Почвенные беспозвоночные (мезофауна) – 20 лет наблюдений в Окском заповеднике / Н. А. Потапова // Мониторинг сообществ на горячих и управление пожарами в заповедниках. - Москва : ВНИИПрирода, 2002. - С. 57-65.
28. Работнов, Т. А. Фитоценология : учебное пособие / Т. А. Работнов. – Москва: Изд-во Моск. Ун-та, 1983. – 296 с.

29. Ремезов, Н. П. Лесное почвоведение / Н. П. Ремезов, П. С. Погребняк. – Москва : Лесная промышленность, 1965. – 323 с.
30. Рубцов, С. С. Пирогенная сукцессия мезофауны смешанного леса / С. С. Рубцов // Проблемы почвенной зоологии : материалы XVIII всероссийского совещания по почвенной зоологии. – Москва, 2018. - С. 165-166.
31. Рубцова, З. И. Сукцессионные изменения почвенной мезофауны на местах лесных пожаров и в лесопосадках / З. И. Рубцова // Проблемы почвенной зоологии. Тез. докл VII Всесоюз. совещ. – Киев, 1981. - С. 198-199.
32. Средняя Сибирь / под. ред. И. П. Герасимов, В. С. Преображенский. – Москва: ИБ АН СССР, 1964. – 483 с.
33. Ухова, Н. Л. Структура населения и численность почвенной мезофауны в первичнопирогенном сообществе на месте пихто-ельника высокотравно-папоротникового / Н. Л. Ухова, С. Л. Есюнин, Н. В. Беляева // Биологическое разнообразие заповедных территорий: оценка, охрана, мониторинг. - Самара. - С. 169-175.
34. Шаповалова, В. А. Почвенные микроартроподы гарей разного возраста в условиях многолетней мерзлоты (Центральная Эвенкия) / В. А. Шаповалова, А. А. Ильин // Электронный сборник материалов международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны 2017» посвященной Году экологии в РФ. - Красноярск, 2017. - С. 9-12.
35. Шарова, И. Х. Жизненные формы жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) / И. Х. Шарова // Москва : Наука, 1981. - 283 с.
36. Auclerc A. Experimental assessment of habitat preference and dispersal ability of soil springtails / A. Auclerc, J. F. Ponge, S. Barot, F. Dubs // Soil boil. & biochem, 2008. - V. 41. - P. 250-255.
37. Bardgett, R. D. A temporal approach to linking aboveground and belowground ecology / R. D. Bardgett, , W. D. Bowman, R. Kaufmann, S.K. Schmidt, // Trends Ecol. Evolut, 2005. - V. 20. - P. 634-641.

38. Boerner, R. E. J. Prescribed burning effects on soil enzyme activity in a southern Ohio hardwood forest: a landscape-scale analysis / R. E. J. Boerner, K. L. M. Decker, E. K. Sutherland // *Soil Biol. Biochem*, 2000. – P. 899–908.
39. Burakowski B. The life cycle and food preference of *Agonum quadripunctatum* (De Geer) / Feeding behaviour and accessibility of food for carabid beetles. den Boer P. J., Grüm L., Szyszko J. (eds) Warsaw: Warsaw Agricultural Univ. Press, 1986. - P. 35-40.
40. Burmeister F. Was wissen wir vom Leben der Käfer? / F. Burmeister // *Mitt. Dtsch. Ent. Ges*, 1955. - V. 14. - P. 14-16.
41. Choromanska U. Microbial activity and nitrogen mineralization in forest mineral soils following heating: evaluation of post-fire effects / U. Choromanska, T.H. DeLuca // *Soil Biol. Biochem*, 2002. - V. 34. - P. 263-271.
42. Deyrup M. Natural history of the flat bug *Aradus gracilicornis* in fire-killed pines (Heteroptera: Aradidae) / M. Deyrup, J.G. Mosley // *Florida Entomol*, 2004. - V. 87. - P. 79-81.
43. Fisher, R. F. Ecology and management of forest soils / R. F. Fisher, D. Binkley // N.Y.: Wiley and Sons, 2000. - 489 pp.
44. Flannigan, M. D. Climate change and forest fires / M. D. Flannigan, B. J. Stocks, B.M. Wotton // *Sci. Total Environ*, 2000. - P. 221–229.
45. Frost, P. G. H. The responses and survival of organisms in fire-prone environments / Ecological effects of fire on South African ecosystems. de Booyen P.V., Tainton N.M. (eds) *Ecological Studies* - Berlin: Springer Verl., 1984. - V. 48. - P. 273- 309.
46. Gonzalez-Perez, J. A. The effect of fire on soil organic matter – a review / J. A. Gonzalez-Perez, F. J. Gonzalez-Vila, G. Almendros, H. Knicker // *Environm. Internat*, 2004. - V. 30. - P. 855- 870.
47. Guinto, D. F. Soil chemical properties and forest floor nutrients under repeated prescribed-burning in eucalypt forests of south-east Queensland, Australia / D. F. Guinto, Z. H Xu, A. P. House, P. G. Saffigna // *New Zeal. J. For. Sci*, 2001. - V. 31. - P. 170-187.


48. Harper, K. A. Structural development following fire in black spruce boreal forest / K. A. Harper, Y. Bergeron, P. Drapeau, S. Gauthier // *For. Ecol. Manag.* 2005. V. 206. P. 293-306.
49. Harvey, A. E. Clearcut harvesting and ectomycorrhizae: survival of activity on residual roots and influence on a bordering forest stand in western Montana / A. E. Harvey, M. F. Jurgensen, M. J. Larsen // *Can. J. For. Res.* 1980. - V. 10. - P. 300-303.
50. Henig-Sever N. A novel method for estimation of wild fire intensity based on ash pH and soil microarthropod community / N. Henig-Sever, D. Poliakov, M. Broza // *Pedobiologia*, 2001. - V. 45. - P. 98-106.
51. Hiddink, J. G. Implications of Liebig's law of the minimum for the use of ecological indicators based on abundance / J. G. Hiddink, M. J. Kaiser // *Ecography*, 2005. - V. 28. - P. 264- 271.
52. Holliday, N. J. Species responses of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) during post-fire regeneration on boreal forest / N. J. Holliday // *Can. Entomol.* 1991. - V. 123. - P. 1369 - 1389.
53. Hopkin, S. P. The biology of the springtails / S. P. Hopkin // Oxford university Press, Oxford, UK, 1997. - 330 pp.
54. Huhta V. Effect of silvicultural practices upon arthropod, annelid and nematode populations in coniferous forest soil / V. Huhta, E. Karppinen // *Ann. Zool. Fenn.* 1967. - V. 4. - P. 87-145.
55. Huhta V. Further notes on the effect of silvicultural practices upon the fauna of coniferous forest soil / V. Huhta, M. Nurminen // *Ann. Zool. Fenn.* 1969. - V. 6. - P. 327-334.
56. Koivula M. Gap felling as a forest harvesting method in boreal forests: responses of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) / M. Koivula, J. Niemela // *Ecography*, 2003. - V. 26. - P. 179-187.
57. Lamotte M. The structure and function of a tropical savanna ecosystem / M. Lamotte // *Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research.* Berlin : Springer Verl, 1975. - P. 179-222.

58. Leonard B. The effect of forest fire on the ecology of leaf litter organisms / B. Leonard // *Victorian Natur*, 1977. - V. 94. - P. 119-122.
59. Malmström A. Temperature tolerance in soil microarthropods: Simulation of forest-fire heating in the laboratory // *Pedobiologia*, 2008. - V. 51. - P. 419-426.
60. McCullough, D. G. Fire and insects in northern and boreal forest ecosystems of North America / D. G. McCullough, R. A. Werner, D. Neumann, // *Ann. Rev. Entomol*, 1988. - V. 43. - P. 107-127.
61. Metz, L. J. Effects of fire on soil fauna in North America / L. J. Metz, D. L. Dindal // *Soil biology as related to land use practices*. Washington: EPA, 1980. - P. 450-459.
62. Moretti M. Arthropod biodiversity after forest fires: winners and losers in the winter fire regime of the southern Alps / M. Moretti, P. Obrist Duelli // *Ecography*, 2004. - V. 27. - P. 173-186.
63. Persson T. Trophic structure, biomass dynamics and carbon metabolism of soil organisms in a Scots pine forest / T. Persson, E. Baath, M. Clarholm // *Ecol. Bull*, 1980. - V. 32. - P. 419-459.
64. Resco V. The stable isotope ecology of terrestrial plant succession / V. Resco, J. P. Ferrio // *Plant Ecol. and Divers*, 2011. - V. 4. - P. 117-130.
65. Ryoma R. Bryophyte recolonization on burnt soil and logs / R. Ryoma, S. Laaka-Lindberg, // *Scand. J. For. Res*, 2005. - Vol. 20. - P. 5-16.
66. Schmitz H. The photomechanic infrared receptor for the detection of forest fires in the beetle *Melanophila acuminata* (Coleoptera: Buprestidae) / H. Schmitz, H. Bleckmann // *Physiol. Part*, 1998. - V. 182. - P. 647-657.
67. Siepel H. Life-history tactics of soil microarthropods / H. Siepel // *Biol. fertile. soils*, 1994. - V. 18. - 263-278 pp.
68. Walker, L. R. The use of chronosequences in studies of ecological succession and soil development / L. R. Walker, D. A. Wardle // *J. Ecol*, 2010. - V. 98. - P. 725-736.

69. Wallenius, T. H. Fire history in relation to site type and vegetation in Vienansalo wilderness in eastern Fennoscandia, Russia / T. H. Wallenius, T. Kuuluvainen, I. Vanha-Majamaa // *Can. J. For. Res.*, 2004. - V. 34. - P. 1400-1409.
70. Wardle, D. A. The charcoal effect in Boreal forests: mechanisms and ecological consequences / D. A. Wardle, O. Zackrisson, M.-C. Nilsson, // *Oecologia*, 1998. - V. 115. - P. 419- 426.
71. Wikars, L.-O. Effects of forest fire and the ecology of fire adapted insects / L.-O. Wikars // Ph.D. thesis. Uppsala Univ, 1997. -35 pp.
72. Wikars, L.-O. Dependence on fire in wood-living insects: An experiment with burned and unburned spruce and birch logs / L.-O. Wikars // *J. Insect Conserv*, 2002. - V. 6. - P. 1-12.
73. Wikars, L.-O. Immediate effects of fire severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests / L.-O. Wikars, J. Schimmel // *For. Ecol. Manag.*, 2001. - V. 141. - P. 189-200.
74. Zackrisson O. Key ecological function of charcoal from wildfire in the boreal forest / O. Zackrisson, M.-C. Nilsson, D. A. Wardle // *Oikos*, 1996. - V. 77. - P. 10-19.

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

  
И.Н. Безкоровайна  
подпись


«16» июня 2020 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**


Заселение свежих гарей почвенными микроартроподами в северотаежных лиственничниках Центральной Эвенкии

05.03.06 – Экология и природопользование  
05.03.06.02 - Природопользование


Научный  
руководитель

  
16.06.2020 профессор,  
доктор биол. наук И. Н. Безкоровайна  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

  
16.06.2020 К. В. Богданова  
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
16.06.2020 П. А. Красноперова  
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020

