

ВЛИЯНИЕ ДОСТУПНОСТИ ТЕРРИТОРИИ И ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬЕФА НА РАСПОЛОЖЕНИЕ И РАЗМЕР ГАРЕЙ В ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

кандидат биологических наук **Алейников А.А.**¹

PhD **Лисицына О.В.**¹

Владимирова Н.А.²

Крылов А.М.³

Симакин Л.В.⁴

1 – ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Российская Федерация

2 – НП «Прозрачный мир», Москва, Российская Федерация

3 – Университет штата Мэрилэнд, США

4 – ФГБУ «Печоро-Илычский заповедник», пос. Якша, Республика Коми

Исследование выполнено в рамках госзадания ЦЭПЛ РАН на тему «Экосистемные функции природного и антропогенно преобразованного лесного покрова (0110-2014-0003) и при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 15-34-20967, № 16-04-00395, № 17-05-00300)

Пожары – один из самых значимых катастрофических факторов преобразования природного лесного покрова. Уничтожая целые экосистемы, пожары в то же время запускают долговременные сукцессионные процессы. Исследование причин возникновения пожаров вносит существенный вклад в понимание структурно-функциональной организации и динамики современных лесов. В статье исследовано влияние доступности территории и ландшафтно-топографических характеристик на распространение и размер гарей, образовавшихся за последние 150 лет на предгорном участке Печоро-Илычского заповедника. Особенность территории состоит в полном отсутствии дорог, единственными путями сообщения служат реки: Печора, Илыч и их крупные притоки. Анализ расположения гарей показал, что существенное влияние на возникновение пожара оказывала близость судоходных рек, поскольку наибольшее число пожаров за рассматриваемый период произошли на расстоянии до 3 км от судоходных рек, вдоль которых активно осваивало территорию местное население (строительство охотничьих избышек, сбор кедровых орехов, выборочные рубки и т.д.). С близостью к судоходным рекам связан и размер пожара: самые крупные пожары приурочены к берегам рек и имеют, вероятно, только антропогенное происхождение. Мелкие пожары, произошедшие на разном расстоянии от судоходных рек, могли быть как природными, так и антропогенными. Поселения, существовавшие до образования заповедника, не оказывали существенного и статистически значимого влияния на возникновение пожара. Статистически значимая связь гарей с абсолютной высотой (подавляющее большинство гарей расположены на поверхностях ниже 400 м) косвенно подтверждает, что пожарам были подвержены активно осваиваемые участки лесов вдоль рек.

Ключевые слова: бореальные леса, Северное Предуралье, Печоро-Илычский заповедник, лесные пожары, история пожаров, история природопользования

THE IMPACT OF AVAILABILITY TERRITORY AND TERRAIN CHARACTERISTICS ON LOCATION OF BURNT AREAS IN DARK CONIFEROUS FORESTS PECHORA-ILYCH NATURE RESERVE

*PhD (Biology) A.A. Aleynikov*¹

*PhD O.V. Lisitsyna*¹

*N.A. Vladimirova*²

A.M. Krylov³

L.V. Simakin⁴

1 – FBSIS «The Centre on the Problems of Ecology and Productivity of Forests of the Russian Academy of Sciences», Moscow, Russian Federation

2 – NP "Transparent world", Moscow, Russian Federation

3 – The University of Maryland, USA

4 – FSBI «Pechora-Ilych Nature Reserve», village of Yaksha, Komi Republic

The study was performed in the framework of state task of The Centre on the Problems of Ecology and Productivity of Forests of the Russian Academy of Sciences on the theme "Ecosystem functions of natural and anthropogenically transformed forest cover" (0110-2014-0003) and with financial support of RFBR (projects № 15-34-20967, № 16-04-00395, № 17-05-00300)

Abstract

Fires – one of the most important factors in catastrophic transformation of natural forest cover. Destroying whole ecosystems, fires, at the same time, start long-term succession processes. The study of the causes of fires makes a significant contribution to understanding structural and functional organization and dynamics of modern forests. The article examines the impact of availability of the territory and landscape-topographical features on the distribution and size of burnt areas formed in the last 150 years, in the foothill area of Pechora-Ilych Nature Reserve. The peculiarity of the territory is a complete lack of roads; the only roads are the rivers: Pechora, Ilych and their major tributaries. Analysis of the location of burned areas showed that significant influence on the occurrence of fire is provided by proximity of navigable rivers, since the greatest number of fires during studied period occurred at a distance of up to 3 km from navigable rivers, along which local population actively explores the territory (building of hunting shacks, gathering pine nuts, selective logging, etc.). Size of the fire is connected with proximity to navigable rivers: the largest fires is confined to the river banks and are likely to be only of anthropogenic origin. Small fires occurred at different distances from navigable rivers, could be both natural and anthropogenic ones. Settlements that existed before the formation of reserve had substantial and statistically significant effect on the occurrence of fire. Statistically significant associations of burnt areas with absolute altitude (the vast majority of burned areas are located on surfaces below 400 m) indirectly confirms that fires occurred at intensively developed parts of forests along the rivers.

Keywords: boreal forests, the North Urals, Pechora-Ilych Nature Reserve, forest fires, fires history, history of nature management

Пожары – один из самых значимых катастрофических факторов преобразования природного лесного покрова. Причиняя катастрофический урон, уничтожая целые экосистемы, пожары в то же время запускают сукцессионные процессы, кратковременно увеличивая биологическое разнообразие. Исследование причин возникновения пожаров вносит существенный вклад в понимание структурно-

функциональной организации и динамики современных лесов. Особенно важно изучение связи пожаров с природными и антропогенными факторами в пределах малонарушенных лесных территорий. Однако большая часть лесов Европейской России затронута масштабными рубками и имеет длительную историю природопользования, что затрудняет оценку роли природных и антропогенных пожаров

в формировании состава и структуры современных лесов. Исключение составляют нескольких труднодоступных лесных массивов на Северном Урале [5]. Цель работы: оценить влияние орографических и ландшафтных факторов, а также доступности территории для хозяйственной деятельности на размер и положение гарей. Основные задачи данного исследования: 1) уточнить выявленные ранее гари в темнохвойных лесах Печоро-Илычского заповедника и время их образования; 2) выявить степень связи факта пожара и его размера с доступностью территории (расстоянием до судоходной реки и до населенного пункта); 3) проанализировать связь факта наличия пожара с основными ландшафтно-топографическими параметрами – высотой, уклоном, экспозицией и положением в водосборном бассейне; 4) исследовать связь размера пожара и основных ландшафтно-топографических параметров.

Район, объекты и методы исследования

Исследования проведены в предгорном районе Печоро-Илычского заповедника (юго-восток республики Коми). Удаленность от теплого Атлантического океана и близость обширного азиатского пространства обуславливают умеренно-континентальный климат, значительно отличающийся от климата остальной территории Европы. Среднегодовая температура составляет $-1,5^{\circ}\text{C}$, абсолютная минимальная температура воздуха -39°C с наиболее холодными температурами в январе, абсолютная максимальная температура воздуха $+33,5^{\circ}\text{C}$ (самые теплые месяцы – июнь и июль). Продолжительность безморозного периода составляет около 140-145 дней. Продолжительность периода со средними суточными температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$ – 82 дня [3]. Большую часть территории исследуемого массива составляют лесные земли (87 %), значительную часть которых – лесопокрытые площади (86 %) естественного происхождения. Пихто-ельники с кедром занимают 80 % покрытой лесом площади.

Предварительный анализ исторических и архивных материалов показал, что эта территория была слабо заселена людьми (первые поселения появились только в конце XIX века, а в 1930-е годы уже были упразднены с образованием заповедни-

ка). В связи с суровыми природными условиями и отсутствием рынков сбыта древесины сельское и лесное хозяйство на этой территории были неразвиты, население занималось преимущественно охотой и рыболовством. Единственным фактором, значительно влияющим на лесные экосистемы, оставались лесные пожары, сформировавшие современную мозаику лесных экосистем [2, 10]. Поскольку дороги отсутствовали, судоходные реки (Печора, Илыч и их притоки) были единственными путями сообщения и определяли доступность территории.

Детально история пожаров предгорного участка Печоро-Илычского заповедника за последние 150 лет была описана в предшествующей работе [1]. На основе визуального дешифрирования космических снимков высокого разрешения Spot-5 и анализа архивных материалов была создана карта разновременных гарей, судоходных рек и населенных пунктов (рис. 1). При этом в качестве судоходных были приняты реки, по которым население могло подниматься на лодках в безледный период. Суммарная площадь пожаров составляет 79 500 га, что в 8 раз меньше общей площади Уральской части заповедника (705 522 га). При такой разнице в размерах и свойствах классов целесообразно использовать метод стратифицированной непропорциональной выборки [6]. Предварительно было сгенерировано равное число случайных точек (900/900) как для гарей, так и для сохранившихся участков. Для каждой точки на гари и не на гари (контрольной) было вычислено расстояние до судоходной реки и до населенного пункта. Расстояния от гарей до судоходных рек и бывших населенных пунктов были сгруппированы в четыре интервала: 0-1 км, 1-3 км, 3-10 км и более 10 км. Эти интервалы хорошо согласуются с представлениями историков и археологов о ресурсной зоне поселения [14]. Ресурсная зона – это территория вокруг поселения на расстоянии, легко достижимом пешком (до 3-5 км в один конец), откуда жители получают основную массу своих естественных (диких) и производимых ими самими жизненно важных ресурсов (пищи, сырья и т. д.). Оценку зависимости факта пожара от доступности территории произво-

дили с помощью методики S.V. Stehman [15, 16]. Также была изучена связь факта наличия пожара с основными ландшафтно-топографическими факторами: абсолютной высотой над уровнем моря, градусом уклона поверхности и типом местоположения. Значения всех факторов были получены из цифровой модели рельефа (ЦМР), созданной на основе Aster GDEM2 с разрешением 30 м.

Тип местоположения (положение в пределах речного бассейна) был определен по методике, предложенной Е. Ю. Колбовским [7]. Значения всех факторов были получены из цифровой модели рельефа (ЦМР), созданной на основе свободно распространяемого Aster GDEM2 с разрешением 30 м (доступен по адресу: <http://earthexplorer.usgs.gov/>). Все операции по генерации производных ЦМР осуществлялись в среде ArcGis 10.1, модуль SpatialAnalyst.

Математическая обработка данных осуществлялась в среде R 3.3.1. Для выяснения связи пожара с одним из факторов два независимых распределения (случайные точки на гаях и вне гарей) сравнивались при помощи критерия χ^2 (Chi-square, функция Anova). В результате были получены значения p (p-value), при которых критерий χ^2 является значимым (чем меньше значения p, тем выше значимость χ^2). Для выявления величины вклада каждого из факторов и определения наиболее значимого фактора, обуславливающего наличие пожара, был применен регрессионный анализ с использованием обобщенной линейной модели в варианте для биномиального распределения. Применялась функция `svyglm` из библиотеки `survey` (<http://r-survey.rforge.r-project.org/survey/>). Эта функция позволяет учесть различия в площади страт (размеров горелых и не горелых участков) за счет введения соответствующих весовых коэффициентов.

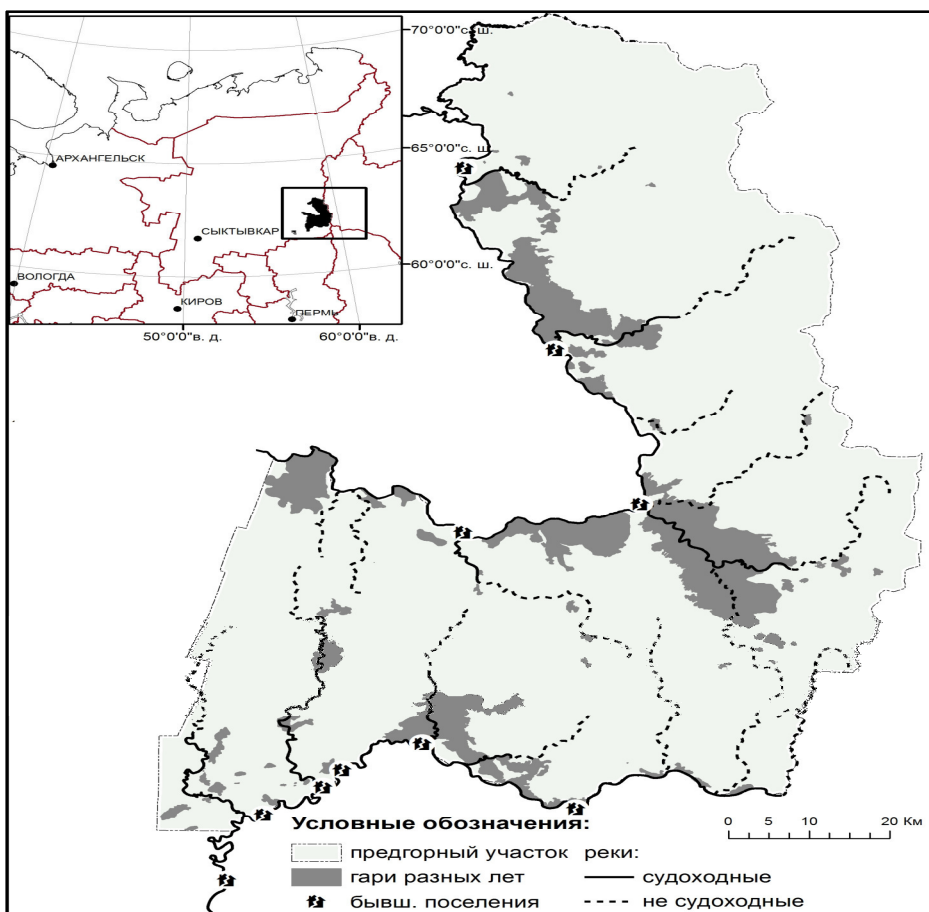


Рис. 1. Расположение гарей, бывших поселений и судоходных рек на предгорном участке Печоро-Ильчского заповедника

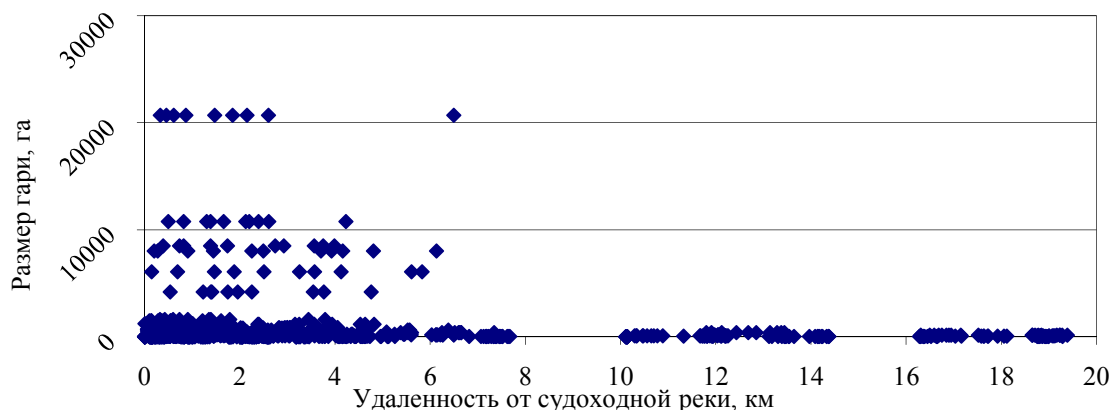


Рис. 2. Связь размера гарей с удаленностью от судоходных рек

Результаты и обсуждение. Связь пожаров и их размера с доступностью территории

Одним из главных факторов, приводящих к увеличению числа пожаров, считается доступность леса для человека [11]. Связь числа и размеров гарей с транспортной доступностью территории была показана на примере дорожной сети Приморского и Хабаровского краев: вероятность возникновения пожара вблизи от дороги оказалась в 4-5 раз выше, чем вдали от нее [4].

Результаты проведенного анализа показали, что удаленность от судоходной реки оказывает существенное влияние на наличие гари ($\chi^2=22.453$; $p=0.000021$), тогда как связь наличия пожара с удаленностью от поселений статистически незначима. Анализ распределения частот факта пожара и его отсутствия также показал, что больше половины всех случаев пожаров находятся в пределах 3 км от судоходных рек. Связь пожаров с поселениями сходная, но имеет свои особенности: в непосредственной близости (до 3 км) пожары практически не возникали, а вот на расстоянии до 10 км от поселения частоты пожаров существенно больше частот негоревших участков, свыше 10 км частоты пожаров меньше. Анализ показал: вероятность пожара вблизи судоходных рек почти в 1.5 раза выше, чем вдали от них, а вероятность пожара вблизи поселений примерно одинакова в пределах первых 10 км. Пространственный анализ гарей с учетом их размера показал, что крупные гари (более 4500 га) располагаются на расстоянии от 3 до 20 км от поселе-

ния, менее крупные (до 1600 га) не имеют четкой связи с поселением (рис. 2).

В целом основная масса гарей отмечена на расстоянии до 7 км от реки. Гари больше 4500 га фиксируются на расстоянии не дальше 6 км от реки. На расстоянии более 10 км от реки встречаются только гари размером до 400 га (рис. 3).

Связь пожаров и их размеров с ландшафтно-топографическими факторами

Связь характеристик лесных пожаров и рельефа изучали как отечественные [8, 9], так и зарубежные исследователи [12, 13]. В нашей работе в анализ впервые добавлена еще одна кумулятивная ландшафтная характеристика – тип местоположения. По результатам анализа критерий χ^2 выявил сильную связь наличия гари с абсолютной высотой ($\chi^2= 39,774$; $p=0,000028$), более слабую – с типом местоположения ($\chi^2= 16,891$; $p=0,009$) и практически незначительную – с углом наклона поверхности ($\chi^2= 1.323$; $p=0.25$).

Регрессионный анализ показал значимую отрицательную связь наличия гари с абсолютной высотой ($t=-5,95$) и удаленностью от реки ($t=-4,972$). Также обнаружена отрицательная связь с типом местоположений «высокие террасы» ($t=-1.818$), положительная связь с типами «склоны» ($t=1.891$) и «приводораздельные поверхности» ($t=2.274$). Связь наличия гари с углом наклона территории, другими типами местоположений и удаленностью от населенных пунктов несут незначительную.

Крупные гари (более 2000 га) расположены на поверхностях с высотой до 350 м (рис. 4), не-

крупные (до 2000 га) встречаются повсеместно, но большинство из них приходится на высоты до 400 м. Кроме того, большинство крупных гарей расположены на поверхностях с уклонами до 20 градусов (рис. 5). Гари размером до 2000 га встречаются везде, но основная их часть приходится на поверхности с уклоном до 25 градусов. Самые крупные гари (> 20 000 га) расположены на нижней пойме, основной пойме, высокой пойме, низких террасах и приводораздельных поверхностях. Остальные гари примерно одинаково представлены во всех типах местоположений и обычно охватывают основную пойму, высокую пойму и низкие террасы (рис. 6).

Проведенный пространственный анализ гарей, образовавшихся за последние 150 лет, показал, что наиболее существенное влияние на возникновение пожара оказывала близость судоходных рек. Максимальное число пожаров за рассматриваемый период произошло на расстоянии до 3 км от судоходных рек, вдоль которых активно и стихийно использовали территорию: расчищали участки под

поселения, охотились на зверей и птиц, строили избушки, заготавливали кедровые орехи, выборочно рубили деревья. С близостью к судоходным рекам связан и размер пожара: самые крупные пожары приурочены к рекам и имеют только антропогенное происхождение. Мелкие пожары, произошедшие на разном расстоянии от судоходных рек, могли быть как природными, так и антропогенными. Поселения, существовавшие до образования заповедника, не оказывали статистически значимого влияния на возникновение пожара. Несмотря на то, что активная зона хозяйственного воздействия вокруг поселений составляла около 10 км, гарей здесь было зафиксировано меньше, нежели в 3-километровой зоне вдоль рек. Возможно, это связано с хозяйственным контролем окружающих поселение территорий. Статистически значимая связь гарей с абсолютной высотой (подавляющее большинство гарей расположены на поверхностях ниже 400 м) также косвенно подтверждает, что пожарам были подвержены активно используемые человеком участки лесов вдоль рек.

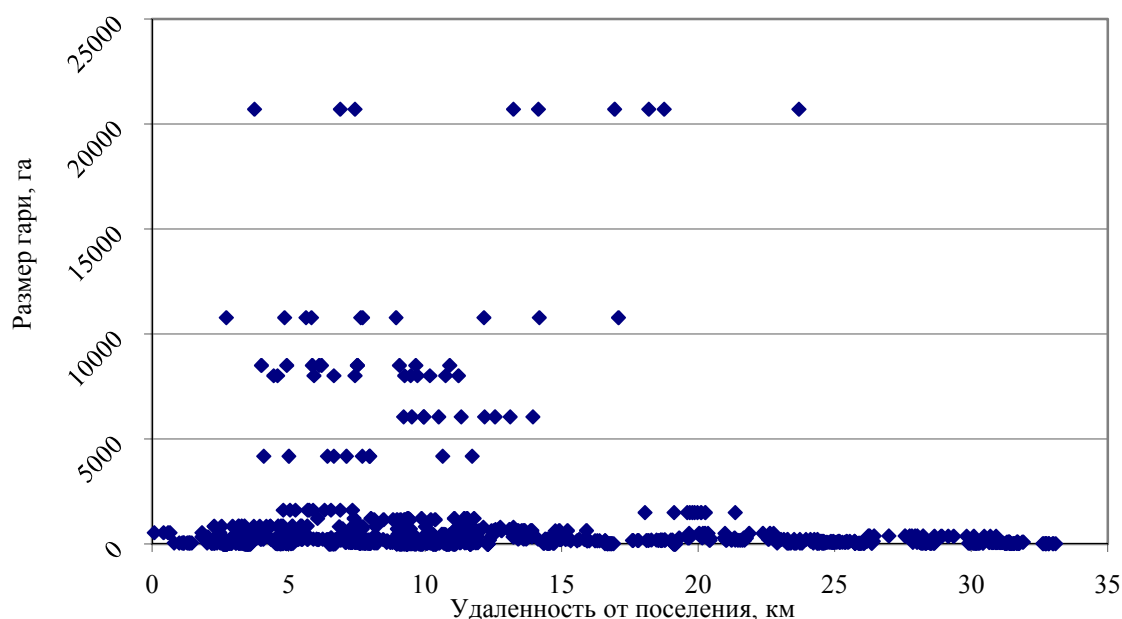


Рис. 3. Связь размера гарей с удаленностью от поселений

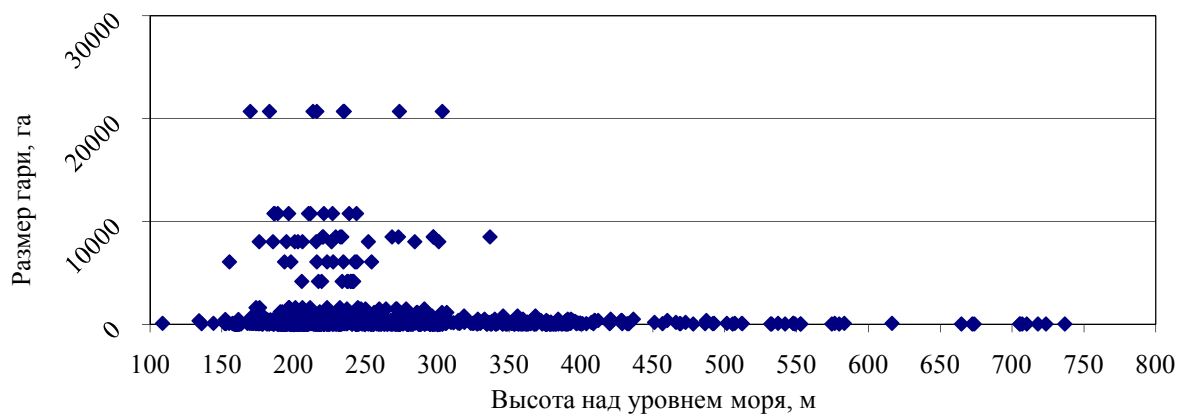


Рис. 4. Распределение гарей различного размера на участках с разной высотой над уровнем моря

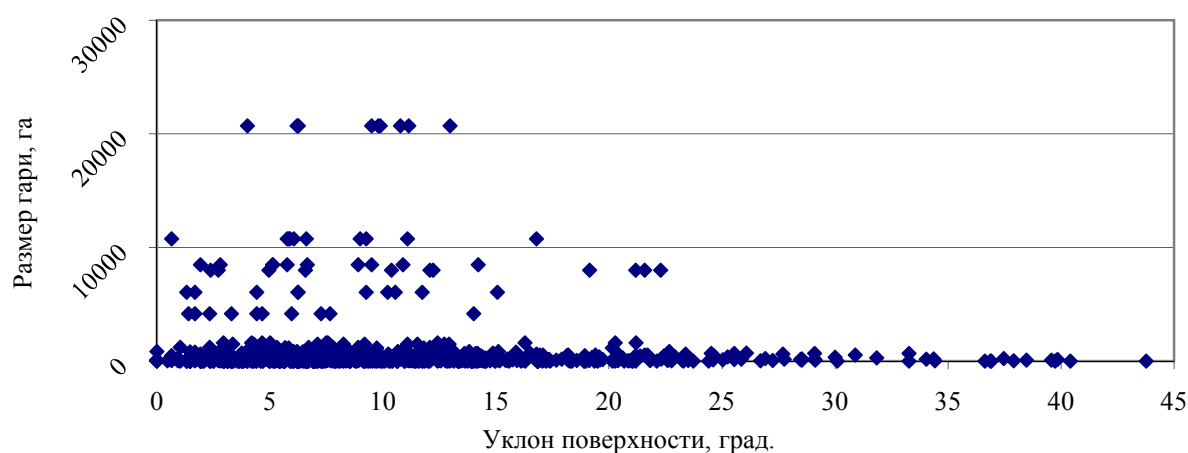


Рис. 5. Распределение гарей различного размера на участках с разным уклоном поверхности

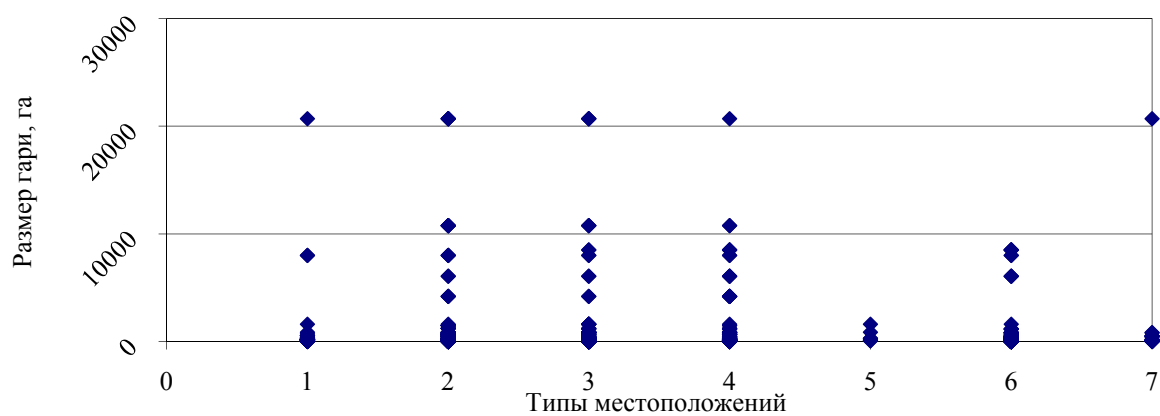


Рис. 6. Распределения гарей различного размера по типам ландшафтных местоположений. Тип местоположения: 1 – низкая пойма, 2 – основная пойма, 3 – высокая пойма, 4 – низкие террасы, 5 – высокие террасы, 6 – склоны, 7 – приводораздельные поверхности

Библиографический список

1. История пожаров в темнохвойных лесах Печоро-Ильчского заповедника со второй половины XIX века по настоящее время [Текст] / А. А. Алейников, А. В. Тюрин, Л. В. Симакин, А.С. Ефименко, А.А Лазников // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 6. – С. 31-42.
2. Алейников, А. А. Население в верховьях Печоры и Уньи в конце XIX - начале XX века [Текст] / А.А. Алейников, Г. Н. Чагин / Труды Печоро-Ильчского заповедника. –Вып. 17. –Сыктывкар, 2015. – С. 4–12.
3. Атлас республики Коми по климату и гидрологии [Текст]. – М., 1997. – 115 с.
4. Владимирова, Н.А. Исследование влияния дорог и рубок на пожарный режим лесов юга Дальнего Востока время [Текст] / Н. А. Владимирова, Б. Дж. Милаковский // Аграрный вестник Приморья. – 2016.–Вып. 1. –С. 6–8.
5. Журавлева, И. В. Малонарушенные лесные территории в бореальных лесах мира. Происхождение, развитие, значение и возможное будущее концепции малонарушенных лесных территорий применительно к бореальным лесам [Текст] / И. В. Журавлева, А. В. Комарова, П. В. Потапов, С. А. Турубанова, А. Ю. Ярошенко // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2016. –Vol. 1 (1). –P. 1–11.
6. Кокрен У. Методы выборочного исследования [Текст]. – М.: Статистика, 1976. – 440 с.
7. Колбовский Е. Ю. Геоинформационное моделирование и картографирование ландшафтных местоположений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка (спецвыпуск материалов картографической конференции). – 2016. – Т. 60. – № 5. — С. 20–24.
8. Фуряев В.Н. Пожары в лесных формациях [Текст]. –Новосибирск: Наука, 1996. – 252 с.
9. Харук, В.И. Анализ пространственного распределения гарей на острове Сахалин [Текст] / В. И. Харук, И. С. Щербинина, О. Э. Якубайлик, Э. Касишке // Лесоведение.– 2004. – №5.– С.66–80.
10. Aleinikov, A. A. Tall-Herb Boreal Forests on North Ural [Text] / A. A. Aleinikov, N. S. Smirnov, O. V. Smirnova // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2016. – Vol. 1 (3). P. 1–10.
11. Arienti, M. C. Road network density correlated with increased lightning fire incidence in the Canadian western boreal forest [Text] / M. C. Arienti, S. G. Cumming, M. A. Krawchuk, S. Boutin // International Journal of Wildland Fire. – 2009. - V.18. – P. 970–982.
12. McKenzie, D. The Landscape Ecology of Fire. [Text] / D. McKenzie, C. Miller, D. A. Falk.–Springer, 2011. – 312 p.
13. Rogeau, M.-P., G.W. Armstrong, 2017. Quantifying the effect of elevation and aspect on fire return intervals in the Canadian Rocky Mountains [Text] / M.-P. Rogeau, G. W. Armstrong // Forest Ecology and Management. – 2017. – V. 384. –P. 248–261.
14. Roper D. C. The Method and theory of site catchment analysis: A Review [Text] / D. C. Roper // Advances in archaeological method and theory. – 1979.– V. 2.– P. 120—142.
15. Stehman, S. V. 2009 Sampling designs for accuracy assessment of land cover [Text] / S. V. Stehman // Int. J. Remote Sens. – 2009. – V. 30. – P. 5243–5272.
16. Stehman, S. V. 2012 Impact of sample size allocation when using stratified random sampling to estimate accuracy and area of land-cover change [Text] / S. V. Stehman // Remote Sens. Lett. – 2012. –V. 3– P. 111–120.

References

1. Aleynikov A.A., Tyurin A.V., Simakin L.V., Efimenko A.S., Laznikov A.A. *Istoriya pozharov v temnokhvoynykh lesakh Pechoro-Ilychskogo zapovednika so vtoroy poloviny XIX veka po nastoyashchee vremya*. [Fire history of dark needle coniferous forests in Pechora-Ilych nature reserve from the second half of XIX century to present time] *Sibirskiy lesnoy zhurnal*. [Siberian Journal of Forest Science]. 2015, no. 6, pp. 31-42. (In Russian).

2. Aleynikov A. A., Chagin G. N. *Naselenie v verkhovyah Pechoryi i Uni v kontse XIX - nachale XX veka* [The population in upper of the Pechora Rivers and Unyi Rivers at the end of XIX - the beginning of the 20th centuries]. *Trudy Pechoro-Ilyichskogo zapovednika*. Is. 15. 2015, pp. 4-12. (In Russian).
3. *Atlas respubliki Komi po klimatu i gidrologii*. [Atlas of the Komi Republic for Climate and Hydrology] M.: Drofa, 1997, p. 115. (In Russian).
4. Vladimirova N. A, Milakovskiy B. Dzh. *Issledovanie vliyaniya dorog i rubok na pozharный режим лесов yuga Dalnego Vostoka vremya* [Research of influence of roads and cabins on the fire mode of the woods of the South of the Far East]// *Agrarniy vestnik Primorya* [Agrarian bulletin of Primorye]. 2016, no 1, pp. 6-8. (In Russian).
5. Zhuravleva I.V., Komarova A. F., Potapov P. V., Turubanova S. A., Yaroshenko A. Yu. *Malonarushennyye lesnyie territorii v borealnyih lesa hmira. Proishozhdenie, razvitie, znachenie i vozmozhnoe budushee kontseptsii malonarushennyih lesnyih territoriy y primenitelno k borealnym lesam* [Mildly-damaged forest areas in boreal forests of the world. the origin, development, impotance and probable future of the concept of mildly-damaged forest areas with regard to boreal forests] // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2016. Vol. 1 (1). P. 1-11. (in Russian).
6. Kokren U. *Metody vyiborochnogo issledovaniya* [Methods of a selective research]. M.: Statistika. 1976. 440 p. (in Russian).
7. Kolbovskiy E. Yu. *Geoinformatsionnoe modelirovanie i kartografirovaniye landshaftnyih mestopolozheniy* [Geoinformation modeling and mapping of landscape locations] // *Izvestiya vyisshih uchebnyih zavedeniy. Geodeziya i aerofotos'emka* [Geodesy and aerial photography]. 2016. Vol. 60, no 5, pp. 20–24. (in Russian).
8. Furyaev V.N. *Pozharyi v lesnyih formatsiyah* [The fires in forest formations]. Novosibirsk: Nauka, 1996. 252 p. (in Russian).
9. Haruk V. I., Scherbinina V. I., Yakubaylik O. E., Kasishke E. *Analiz prostranstvennogo raspredeleniya garey na ostrove Sahalin* [The analysis of spatial distribution gary on the island of Sakhalin] // *Lesovedenie* [Lesovedenie]. 2004, no 5, pp. 66–80 (in Russian).
10. Aleinikov, A. A. Tall-Herb Boreal Forests on North Ural [Text] / A. A. Aleinikov, N. S. Smirnov, O. V. Smirnova // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. – 2016. – Vol. 1 (3). P. 1–10.
11. Arienti, M. C. Road network density correlated with increased lightning fire incidence in the Canadian western boreal forest [Text] / M. C. Arienti, S. G. Cumming, M. A. Krawchuk, S. Boutin // *International Journal of Wildland Fire*. – 2009. - V.18. - P. 970–982.
12. McKenzie, D. *The Landscape Ecology of Fire*. [Text] / D. McKenzie, C. Miller, D. A. Falk. –Springer. – 2011. – 312 p.
13. Rogeau, M.-P., G. W. Armstrong, 2017. Quantifying the effect of elevation and aspect on fire return intervals in the Canadian Rocky Mountains [Text] / M.-P. Rogeau, G. W. Armstrong // *Forest Ecology and Management*. – 2017. - V. 384.- P. 248–261.
14. Roper D. C. The Method and theory of site catchment analysis: A Review [Text] / D. C. Roper // *Advances in archaeological method and theory*. - 1979. - V. 2. - P. 120—142.
15. Stehman, S. V. 2009 Sampling designs for accuracy assessment of land cover [Text] / S. V. Stehman // *Int. J. Remote Sens.* – 2009. V. 30. – P. 5243–5272/
16. Stehman, S. V. 2012 Impact of sample size allocation when using stratified random sampling to estimate accuracy and area of land-cover change [Text] / S. V. Stehman // *Remote Sens. Lett.* – 2012. –V. 3 - P. 111–120.

Сведения об авторах

Алейников Алексей Александрович – старший научный сотрудник Лаборатории структурно-функциональной организации и устойчивости лесных экосистем ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, кандидат биологических наук, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: aaacastor@gmail.com

Лисицына Ольга Владимировна – PhD, научный сотрудник Лаборатории структурно-функциональной организации и устойчивости лесных экосистем ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, кандидат биологических наук, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: olga.lisitsyn@gmail.com

Владимирова Надежда Алексеевна – ведущий специалист НП «Прозрачный мир», e-mail: nadiopt@gmail.com

Крылов Александр Михайлович – ассистент, географический факультет университета Мериленда, США

Симакин Леонид Владимирович – директор Печоро-Илычского заповедника, пос. Якша, республика Коми, e-mail: leonidsimakin@gmail.com

Information about authors

Aleynikov Aleksey Aleksandrovich – Senior Researcher of Laboratory of structural and functional organization and resilience of forest ecosystems of Center for Problems of Ecology and Productivity of Forests Russian Academy of Sciences, PhD in Biological, Moscow, Russian Federation, e-mail: aaacastor@gmail.com

Lisitsyna Olga Vladimirovna – PhD, Researcher, Laboratory of structural and functional organization and resilience of forest ecosystems of Center for Problems of Ecology and Productivity of Forests Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, e-mail: olga.lisitsyn@gmail.com

Vladimirova Nadezhda Alekseevna – lead specialist, NGO "Transparent World", Moscow, Russian Federation, e-mail: nadiopt@gmail.com

Krylov Aleksandr Mihaylovich – Faculty Research Assistant, Department of Geographical Sciences, University of Maryland, USA

Simakin Leonid Vladimirovich – Director of Pechora-Ilych Biosphere Reserve, Yaksha, Russian Federation, e-mail: leonidsimakin@gmail.com

DOI: 10.12737/article_59c228414508c3.10482115

УДК 630*221.02

ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ И ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ, СОЗДАНЫХ БИОГРУППАМИ

Вахтин А.И.¹

кандидат сельскохозяйственных наук Вавин В.С.¹

кандидат сельскохозяйственных наук Ахтямов А.Г.¹

¹ – ФГБНУ «Каменно-Степное опытное лесничество», Воронежская область, Россия

Защитные лесонасаждения, созданные гнездовым и диагонально-групповым способами, в своем развитии отличаются от древостоев, созданных рядовой посадкой сеянцев. В Каменной Степи, начиная с 1948 года по 1954 год, было заложено 23,6 га гнездовых лесополос, а в период 1955-1964 гг. на территории института и его опытных хозяйств заложено 19 опытных и опытно-производственных диагонально-групповых полос общей площадью 27,8 га. Проведение рубок ухода за ними имеет существенное отличие от лесохозяйственных уходов в рядовых лесных полосах. Исследования проводились в лесных полосах, где закладывались пробные площади (ПП) с обмером деревьев (диаметр ствола, высота дерева, высота кроны, диаметр кроны в двух направлениях). Сравнительный анализ проводился по данным пробных площадей на участках с рубками ухода и без них. Результаты исследований позволили определить интенсивность роста древесных пород под влиянием рубок ухода и были использованы для разработки способов лесохозяйственных уходов в лесных полосах, созданных био-