

## ОСОБЕННОСТИ САМОВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ НА ГАРИ

О.И. Гаврилова<sup>1✉</sup>, А.В. Грязькин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», 185096, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер, 5, литер У

ogavril@mail.ru

Изложены результаты комплексного исследования гари, образовавшейся на месте сгоревшего в 2006 г. сосняка скального в южной части Республики Карелия, на восток от Онежского озера. Установлено, что самовозобновление сосны на гари протекает успешно. Здесь сформировался молодняк смешанного состава. Численность подроста сосны составляет 2400 экз./га. Его количество практически в 2 раза превышает численность, установленную Правилами лесовосстановления 2020 года. Молодое поколение сосны характеризуется значительной дифференциацией как по высоте — от 0,3 до 5 м, так и по возрасту — от 3 до 15 лет. Анализ хода роста модельных экземпляров показал, что прирост в высоту в большей степени зависит от высоты подроста сосны, чем от возраста. Максимальные значения текущего пророста составляют 25...30 см/год. В составе подлеска преобладают рябина обыкновенная и ива козья. Общая численность подлесочных пород превышает 1460 экз./га. Живой напочвенный покров представлен 21 видом, из которых 12 видов — представители покрытосеменных растений и 9 видов мхов и лишайников. Доминируют ксерофиты — вереск, кладония, политрихум можжевеловый. Почвы бедные и характеризуется преобладанием олиготрофных видов — брусники, щавелька малого, лишайников. Отмечается успешное естественное лесовозобновление на месте сгоревшего сосняка скального.

**Ключевые слова:** гарь, сосняк скальный, подрост сосны, средний прирост по высоте

**Ссылка для цитирования:** Гаврилова О.И., Грязькин А.В. Особенности самовозобновления сосны на гари // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 3. С. 69–74. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-69-74

Лесные пожары — важнейший фактор, вызывающий кардинальные изменения состава и структуры лесных биогеоценозов [1–15]. Лесной фонд Республики Карелия (РК) регулярно подвергается воздействию лесных пожаров, чем объясняется актуальность исследований. В среднем за последние годы в лесном фонде РК площадь выгоревших лесов составляет от 50 до 200 га. Это, главным образом, древостой с преобладанием сосны в составе. Как правило, очаги пожаров фиксируются в спелых и перестойных сосняках [1, 2].

Устойчивый низовой пожар вызывает существенное сокращение запасов органического вещества в почве [9, 16–21]. На выходах скальных пород это проявляется в большей степени, поскольку здесь мощность почвы, как правило, всегда меньше [16, 19, 21].

Вместе с живым и мертвым напочвенным покровом выгорает и растительность нижних ярусов, а у древесных растений повреждается корневая система. Последствия такого воздействия — изменение видового состава растений живого напочвенного покрова, массовое усыхание древостоя, ветровал и возникновение обширных очагов энтомофитов и болезней [6, 9, 14, 16, 18, 20].

Восстановление плодородного слоя почвы и растительности на гари — процесс длительный. На начальном этапе восстановительных процессов органическое вещество накапливается в микропонижениях, трещинах, западинах [1, 19, 21]. Только после накопления определенного количества органического вещества возможно формирование живого напочвенного покрова. Параллельно с восстановлением почвы и растительности нижних ярусов создаются благоприятные условия для роста и развития древесных пород [1, 14, 17–20].

### Цель работы

Цель работы — оценка успешности и особенностей самовозобновления сосны на гари в условиях РК.

### Объект и методика исследования

Объектом исследований послужила гарь 2006 г. в южной части РК (на восток от Онежского озера) [16, 22–26]. Почвенные условия представлены в основном органомным горизонтом мощностью от 0 до 5 см по микропонижениям, которые чередуются с гранитными обнажениями.

До пожара на исследуемом участке произрастал сосняк скальный возрастом около 120 лет. До пожара в напочвенном покрове преобладали лишайники, а в составе подлеска — можжевеловый. Эти сведения получены из таксационного описания 2000 г.

Т а б л и ц а 1  
Характеристика модельных растений  
подроста сосны

Characteristics of pine undergrowth model specimens

| Номер модельного растения | Высота, см | Возраст, лет | Возраст хвои, лет | Средний периодический прирост по высоте за 3 года, см |
|---------------------------|------------|--------------|-------------------|---|
| 1                         | 53         | 10           | 2                 | 6   |
| 2                         | 65         | 11           | 2                 | 4,7   |
| 3                         | 116        | 12           | 3                 | 10,7  |
| 4                         | 296        | 12           | 4                 | 34  |
| 5                         | 270        | 12           | 4                 | 25,3  |
| 6                         | 235        | 10           | 3                 | 27  |
| 7                         | 210        | 10           | 4                 | 18,7  |
| 8                         | 258        | 10           | 4                 | 18,8  |
| 9                         | 200        | 10           | 2                 | 16,3  |
| 10                        | 170        | 12           | 2                 | 14  |
| 11                        | 65         | 7            | 2                 | 10  |
| 12                        | 210        | 10           | 3                 | 24  |
| 13                        | 335        | 13           | 3                 | 25  |
| 14                        | 320        | 15           | 3                 | 23  |
| 15                        | 240        | 12           | 3                 | 27,7  |
| 16                        | 126        | 12           | 2                 | 8   |
| 17                        | 130        | 10           | 2                 | 13  |
| 18                        | 60         | 9            | 2                 | 6   |
| 19                        | 60         | 9            | 2                 | 4,3   |
| 20                        | 113        | 12           | 3                 | 10,3  |
| 21                        | 47         | 6            | 2                 | 6   |
| 22                        | 37         | 6            | 2                 | 6,3   |
| 23                        | 9          | 3            | 3                 | 0,7   |

Т а б л и ц а 2  
Структура молодняков на гари по группам  
высот и по жизненному состоянию, экз./га  
The young stands composition in the burnt area by groups  
of heights and by vitality, ind./ha

| Лесообразующая порода                                       | Численность подроста, экз./га |
|---|-------------------------------|
| Сосна обыкновенная ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)            | 2400                          |
| Береза бородавчатая, повислая ( <i>Betula pendula</i> Roth) | 2100                          |
| Осина, тополь дрожащий ( <i>Populus tremula</i> L.)         | 1400                          |
| Ольха серая ( <i>Alnus incana</i> (L.) Moench)              | 500                           |
| Итого   | 6400                          |

Последствиями низового пожара явился масовый ветровал и усыхание деревьев, что было связано с полным выгоранием органического вещества на выходах скальных пород. Кроме скальных выходов здесь на момент обследования сохранились остатки сгоревшей древесины. Древостой как основной компонент леса, еще не сформировался. Высота отдельных экземпляров подроста сосны достигала 5 м.

Для оценки успешности самовозобновления сосны проводился учет подроста на 30 учетных площадках. Размер круговой учетной площадки составил 10 м<sup>2</sup>. На каждой площадке отмечалось количество подроста лесообразующих пород и высота. Все растения распределялись по категориям состояния на жизнеспособные, нежизнеспособные и сухие [2, 3, 16].

Для подлеска указывали видовой состав, численность растений и структуру по высоте. Кроме этого, на учетных площадках фиксировали виды в составе живого напочвенного покрова, а также их встречаемость и проективное покрытие. Динамику роста подроста сосны изучали по модельным экземплярам. Для этой цели были отобраны растения разной высоты — от 0,3 до 3,4 м (табл. 1).

У каждой модели подроста сосны измеряли высоту и величину текущего прироста по годам, возраст, диаметр и протяженность кроны. Кроме этого, указывали максимальный возраст хвои и отмечали особенности моделей.

Из 23 моделей подроста сосны возраст, соответствующий давности пожара, имели 7 растений. Остальные были представлены подростом более молодых генераций — от 3 до 9 лет. Лишь единичные особи представляли подрост предварительных генераций, это подрост, сохранившийся после пожара (модель 14, возраст 15 лет). Отдельные экземпляры подроста сосны высотой более 3 м достигли репродуктивного возраста и несут на себе шишки.

## Результаты и обсуждение

Установлено, что возобновление сосны на гари протекает успешно. В пересчете на 1 га численность подроста сосны достигает 2,4 тыс. экз. Преобладает подрост в возрасте 12 лет, который появился на гари спустя 2 года после пожара. Вместе с сосной гарь заселяется березой, осинкой, ольхой. Общая численность молодого поколения лесообразующих пород составляет 6,4 тыс./га (табл. 2).

Подрост сосны представлен особями в возрасте от 3 до 15 лет. Средняя высота подроста сосны составляет 1,3 м. Преобладает подрост высотой до 1,5 м. Доля сухого подроста сосны незначительна — около 4 %. Как видно из табл. 2, доля сосны в составе подроста по численности — 38 %. На гари сформировался хвойно-лиственный молодняк. В соответствии с нормативами, указанными в Правилах лесовосстановления 2020 года минимальное количество жизнеспособного подроста сосны на сухих бедных почвах не менее 1,5 тыс./га — табл. 2 Правил (приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4 декабря 2020 г. № 1014 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений») [22].

Таким образом, возобновление сосны на данной гари следует считать успешным.

Особенность распределения подростка сосны по площади состоит в том, что он концентрируется, главным образом, в микропонижениях, там, где формируется почвенный покров и появляются травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярусы.

На гари 14-летней давности подросток представлен ивой козьей (*Salix caprea* L.), ивой ушастой (*Salix aurita* L.), можжевельником обыкновенным (*Juniperus communis* L.), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), шиповником собачьим (*Rosa canina* L.), калиной обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) и иргой круглолистной (*Amelanchier ovalis* Medik.). Общая численность подростка составляет 1460 экз./га. Преобладают растения высотой менее 0,9 м. Подросток, как и подрост, произрастает локально по местам сформировавшегося почвенного покрова, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов.

Травяно-кустарничковый ярус представлен 12 видами. Преобладают вереск (встречаемость 57 %), иван-чай (встречаемость 33 %) и щавелек малый (встречаемость 27 %). В мохово-лишайниковом ярусе выявлено 9 видов. Преобладают политрихум можжевельниковый (встречаемость 90 %), кладония оленья (встречаемость 30 %). Для живого напочвенного покрова в целом характерна ярко выраженная мозаичность. Микроассоциации растений из состава живого напочвенного покрова чередуются с гранитными обнажениями.

Полученные биометрические характеристики модельных экземпляров подростка сосны позволяют сделать вывод о том, что рост и развитие молодого поколения протекают вполне успешно. Зависимость высоты от возраста подростка сосны характеризуется экспонентой (рис. 1), что свидетельствует об увеличении темпов роста с увеличением высоты подростка. Если у подростка высотой до 0,5 м средний прирост в высоту составляет 3...5 см/год, то у подростка высотой более 2 м — от 35 до 50 см/год. Величина прироста в высоту не всегда зависит от возраста подростка. Существенное влияние на ход роста оказывают микроусловия — освещенность и характеристики формирующегося почвенного покрова.

Текущий прирост молодого поколения сосны имеет большой размах варьирования и связан с высотой подростка. Зависимость величины среднего прироста за последние 3 года от высоты подростка сосны (прирост в высоту за вегетационные периоды 2018–2020 гг.) представлена на рис. 2. Эта зависимость характеризуется линейным уравнением вида  $y = -0,086x + 1,2202$  ( $R^2 = 0,906$ ).

Средний периодический прирост за 5 лет характеризуется аналогичной прямой, коэффициент детерминации равен 0,78.

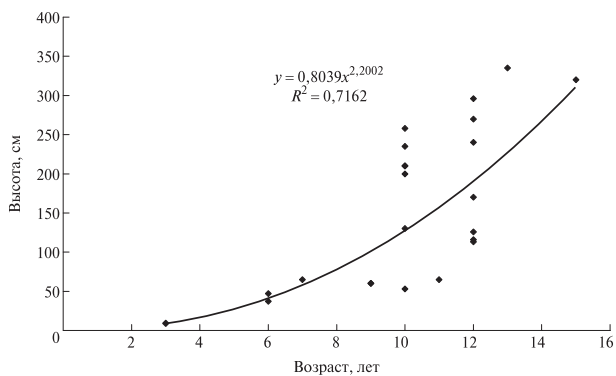


Рис. 1. Зависимость высоты подростка сосны от ее возраста  
Fig. 1. Dependence of the pine undergrowth height on its age

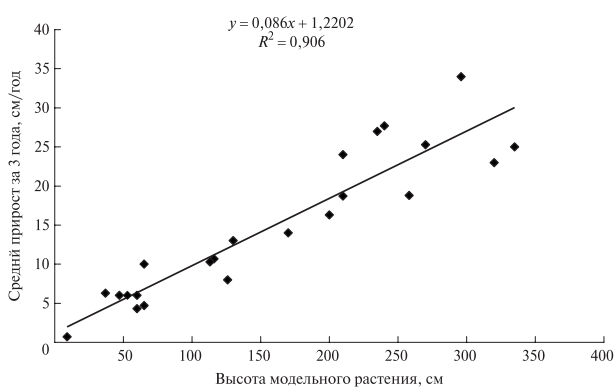


Рис. 2. Зависимость среднего текущего прироста подростка сосны за 2018–2020 гг. от высоты  
Fig. 2. Dependence of the average current increase in pine undergrowth for 2018–2020 on height

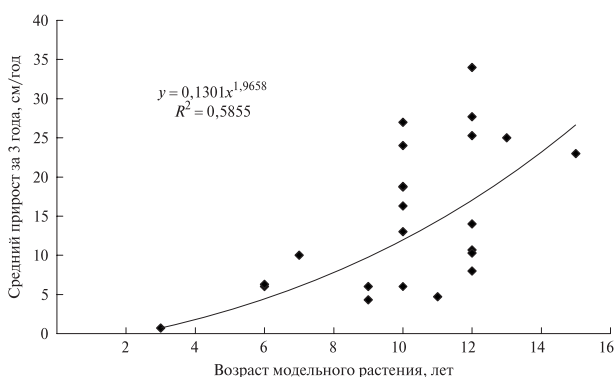


Рис. 3. Зависимость среднего текущего прироста за 3 года от возраста подростка сосны  
Fig. 3. Dependence of the average current growth for 3 years on the pine undergrowth age

Динамика роста в высоту в определенной степени зависит от возраста подростка сосны. Зависимость среднего периодического прироста молодого поколения сосны на гари представлена на рис. 3. Эта зависимость менее выражена, чем зависимость величины прироста от высоты подростка сосны и описывается степенной кривой вида  $y = 0,1301x^{1,9658}$  ( $R^2 = 0,59$ ).

## Выводы

Через 14 лет после устойчивого низового пожара вместо сгоревшего сосняка скального сформировался молодняк смешанного состава с преобладанием сосны. Общая численность подроста лесообразующих пород превышает 6 тыс./га.

В соответствии с установленными нормативами, естественное возобновление сосны на гари протекает успешно — численность подроста сосны составляет 2400 экз./га при нормативе 1500. Возраст подроста на гари имеет большой размах варьирования — от 3 до 15 лет. Структура по высоте выражена, встречается подрост высотой от 0,3 м до 5 м. С увеличением высоты растения, наблюдается увеличение величины текущего прироста. Текущий прирост в меньшей степени зависит от возраста. Таким образом, преобладание хвойного подроста здесь позволит в будущем сформироваться устойчивому древостою с преобладанием сосны в составе. В подлеске сохранится ива, рябина, калина и можжевельник.

## Список литературы

- [1] Гаврилова О.И., Колганов Е.С., Пак К.А. Оценка успешности самовозобновления сосны на гари // Лесотехнический журнал, 2020. № 4. С. 142–150.
- [2] Грязькин А.В., Смирнов А.П., Кузнецов Е.Н., Павлов Ю.В., Показий Е.С. Динамика восстановления лесной растительности и характеристика почв на участках, пройденных лесным пожаром // Роль лесных пожаров в современном мире / Материалы Российско-Финляндской науч.-практ. конф. 15 апреля 2010 г., Консульство Финляндии в Санкт-Петербурге. СПб., 2010. С. 149–151.
- [3] Ильичев Ю.Н., Бушков Н.Т., Тараканов В.В. Естественное возобновление на гарях Среднеобских боров. Новосибирск: Наука, 2003. 196 с.
- [4] Ильичев Ю.Н. Оценка естественного возобновления хвойных пород на минерализованных и естественных участках вырубках на гарях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2017. Т. 3. № 2. С. 235–239.
- [5] Санников С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология, 1983. № 6. С. 24–33.
- [6] Санникова Н.С., Санников С.Н., Кочубей А.А., Петрова И.В. Естественное возобновление сосны на гарях в лесостепи Западной Сибири // Сибирский лесной журнал, 2019. № 5. С. 22–29.
- [7] Bond W.J., Keeley J.E. Fire as a global herbivore: the ecology and evolution of flammable ecosystems // Trends in Ecology and Evolution, 2005, no. 20(7), pp. 387–394.
- [8] Borowski Z., Gil W., Rykowski K., Gawryś R., Pawlak B., Kwiatkowski M., Hilszczańska D., Plewa R., Szczygieł R., Olszowska G. 2020. Monitoring the processes of adaptation of the forest ecosystem to environmental changes as a result of fire against the background of artificial and natural regeneration of the forest in the Myszyniec Forest District // Technical Report no. 500–432 to General Directorate of State Forests, pp. 1–204.
- [9] Cairney J.W.G., Bastias B.A. Influences of fire on forest soil fungal communities // Canadian J. of Forest Research, 2007, 37(2), pp. 207–215.
- [10] De Bano L.F. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review // J. of Hydrology, 2000, v. 231–232, pp. 195–206.
- [11] Dove N.C., Hart S.C. Fire reduces fungal species richness and in situ mycorrhizal colonization: a meta-analysis // Fire Ecology, 2017, no. 13, pp. 37–65.
- [12] Olchowik J., Hilszczańska D., Studnicki M., Malewski T., Kariman K., Borowski Z. Post-fire dynamics of ectomycorrhizal fungal communities in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest of Poland // Microbiology, 2021, PeerJ 9(e12076), pp. 1–17. DOI:10.7717/peerj.12076
- [13] Dove N.C., Hart S.C. Fire reduces fungal species richness and in situ mycorrhizal colonization: a meta-analysis // Fire Ecology, 2017, no. 13, pp. 37–65.
- [14] Hilszczańska D., Gil W., Olszowska G. Structure of post-fire ectomycorrhizal communities of Scots pine stand in a dry coniferous forest habitat // Sylwan, 2019, v. 163(1), pp. 71–79.
- [15] Perez-Izquierdo L., Clemmensen K.E., Strengbom J., Granath G., Wardle D.A., Nilsson M.C., Lindahl B.D. Crown-fire severity is more important than ground-fire severity in determining soil fungal community development in the boreal forest // J. of Ecology, 2021, v. 109, pp. 504–518.
- [16] Грязькин А.В., Беляева Н.В., Кази И.А., Ефимов А.В., Сырников И.А. Особенности роста подроста сосны под пологом древостоев на сухих бедных почвах // Research Science (Banská Bystrica), 2019, no. 8, pp. 3–6.
- [17] Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. М.; Л.: Изд-во и фототиполитограф. Гос. лесотехн. изд-ва, 1948. 126 с.
- [18] Нгуен Ван Зинь, Шахов А.Г., Ву Ван Хунг. Особенности самовозобновления сосны обыкновенной // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы II Междунар. науч.-техн. конф., СПб., 24–26 мая 2017 г. / под ред. В.М. Гедьо. СПб.: Изд-во СПбГЛТУ, 2017. Т. 1. С. 40–42.
- [19] Смирнов А.П., Грязькин А.В. Особенности почвенных условий и естественного возобновления на вырубках, пройденных огнем // Экология таежных лесов. Сыктывкар, 1998. С. 211.
- [20] McCarthy N., Bentsen N.S., Willoughby I., Balandier P. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century // European J. of Forest Research, 2011, v. 130, pp. 7–16.
- [21] Toberman H., Chen C., Lewis T., Elser J.J. High-frequency fire alters C: N: P stoichiometry in forest litter // Global Change Biology, 2013, v. 20 (7), p. 2321–31. <https://doi.org/10.1111/gcb.12432>
- [22] Правила лесовосстановления, состав проекта лесовосстановления, порядок разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123762> (дата обращения 15.11.2021).
- [23] Краснов М.Л. Естественное возобновление сосны в связи с рубками и пожарами // Бузулукский бор. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950. Т. 2. С. 3–97.
- [24] Хлюстов В.К., Гаврилова О.И., Морозова И.В. Лесные культуры Карелии (Этапы раннего возраста). М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. 233 с.
- [25] Lindgren D., Prescher F. Optimal clone number for seed orchards with tested clones // Silvae Genetica, 2005, v. 54, iss. 2, pp. 80–92. DOI: 10.1515/sg-2005-0013
- [26] Ne'eman G., Izhaki I. Stability of pre- and post-fire spatial structure of pine trees in Aleppo pine forest // Ecography, 1998, v. 21, pp. 535–542.



## Сведения об авторах

**Гаврилова Ольга Ивановна** <sup>✉</sup> — д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», ogavril@mail.ru

**Грязькин Анатолий Васильевич** — д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», lesovod@bk.ru

Поступила в редакцию 17.12.2021.

Одобрено после рецензирования 27.01.2022.

Принята к публикации 27.04.2022.

## PINE SELF-REGENERATION IN BURNT FOREST AREA

O.I. Gavrilova<sup>1✉</sup>, A.V. Gryazkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Petrozavodsk State University, 33, Lenin av., 185096, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, 5, Institutsky Lane, letter U, 194021, St. Petersburg, Russia

ogavril@mail.ru

The results of a comprehensive study of the burnt area formed in 2006 on the site of a rocky pine forest in the southern part of the Republic of Karelia, east of Lake Onega, are presented. It has been established that the self-renewal of pine in the burnt area proceeds successfully. Here, young animals of mixed composition were formed. The number of pine undergrowth is 2400 ind./ha. Its number is almost 2 times higher than the number established by the 2020 Reforestation Rules. The young generation of pine is characterized by significant differentiation both in height — from 0.3 to 5 m, and in age — from 3 to 15 years. Analysis of the course of growth of model specimens showed that the increase in height depends to a greater extent on the height of the pine undergrowth than on age. The maximum values of the current growth are 25...30 cm/year. The composition of the undergrowth is dominated by mountain ash and goat willow. The total number of undergrowth species exceeds 1460 ind./ha. Living ground cover is represented by 21 species, of which 12 species are representatives of angiosperms and 9 species of mosses and lichens. Xerophytes dominate — heather, cladonia, juniper polytrichum. The soils are poor and are characterized by the predominance of oligopeat species — lingonberries, small sorrel, lichens. Successful natural reforestation is noted on the site of a burnt rocky pine forest.

**Keywords:** post-fire area, rock pine, the young generation of pine, average height gain

**Suggested citation:** Gavrilova O.I., Gryazkin A.V. *Osobennosti samovozobnovleniya sosny na gari* [Pine self-regeneration in burnt forest area]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 3, pp. 69–74.

DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-69-74

## References

- [1] Gavrilova O.I., Kolganov E.S., Pak K.A. *Otsenka uspekhov samovozobnovleniya sosny na gari* [Evaluation of the success of self-renewal of pine on burnt-out]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry journal], 2020, no. 4, pp. 142–150.
- [2] Gryaz'kin A.V., Smirnov A.P., Kuznetsov E.N., Pavlov Yu.V., Pokaziy E.S. *Dinamika vosstanovleniya lesnoy rastitel'nosti i kharakteristika pochv na uchastkakh proydennykh lesnym pozharom* [Dynamics of forest vegetation restoration and characteristics of soils in areas affected by forest fires]. *Rol' lesnykh pozharov v sovremennom mire. Materialy Rossiysko-Finlyandskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The role of forest fires in the modern world. Materials of the Russian-Finnish scientific-practical conference], St. Petersburg, April 15, 2010, Consulate of Finland in St. Petersburg. St. Petersburg, 2010, pp. 149–151.
- [3] Il'ichev Yu.N., Bushkov N.T., Tarakanov V.V. *Estestvennoe vozobnovlenie na garyakh Sredneobskikh borov* [Natural renewal on burnt-out areas of the Sredneobskiy pine forests]. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie [Science. Sib. branch], 2003, 196 p.
- [4] Il'ichev Yu.N. *Otsenka estestvennogo vozobnovleniya khvoynykh porod na mineralizovannykh i estestvennykh uchastkakh vyrubok na garyakh* [Assessment of natural regeneration of conifers in mineralized and natural areas of clearings on burned-out areas]. *Interexpo GEO-Sibir'* [Interexpo GEO-Siberia], 2017, t. 3, pp. 235–239.
- [5] Sannikov S.N. *Lesnye pozhary kak faktor preobrazovaniya struktury, vozobnovleniya i evolyutsii biogeotsenozov* [Forest fires as a factor of structure transformation, renewal and evolution of biogeocenoses]. *Ekologiya* [Ecology], 1983, no. 6, pp. 24–33.
- [6] Cannikova N.S., Sannikov S.N., Kochubey A.A., Petrova I.V. *Estestvennoe vozobnovlenie sosny na garyakh v lesostepi Zapadnoy Sibiri* [Natural restoration of pine on gars in the forest steppe of Western Siberia]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian forest journal], 2019, no. 5, pp. 22–29.
- [7] Bond W.J., Keeley J.E. Fire as a global herbivore: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 2005, no. 20(7), pp. 387–394.
- [8] Borowski Z., Gil W., Rykowski K., Gawryś R., Pawlak B., Kwiatkowski M., Hilszczanska D., Plewa R., Szczygieł R., Olszowska G. 2020. Monitoring the processes of adaptation of the forest ecosystem to environmental changes as a result of fire against the background of artificial and natural regeneration of the forest in the Myszyńiec Forest District. *Technical Report no. 500–432 to General Directorate of State Forests*, pp. 1–204.

- [9] Cairney J.W.G., Bastias B.A. Influences of fire on forest soil fungal communities. *Canadian J. of Forest Research*, 2007, 37(2), pp. 207–215.
- [10] De Bano L.F. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *J. of Hydrology*, 2000, v. 231–232, pp. 195–206.
- [11] Dove N.C., Hart S.C. Fire reduces fungal species richness and in situ mycorrhizal colonization: a meta-analysis // *Fire Ecology*, 2017, no. 13, pp. 37–65.
- [12] Olchowik J., Hilszczańska D., Studnicki M., Malewski T., Kariman K., Borowski Z. Post-fire dynamics of ectomycorrhizal fungal communities in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest of Poland. *Microbiology*, 2021, PeerJ 9(e12076), pp. 1–17. DOI:10.7717/peerj.12076
- [13] Dove N.C., Hart S.C. Fire reduces fungal species richness and in situ mycorrhizal colonization: a meta-analysis. *Fire Ecology*, 2017, no. 13, pp. 37–65.
- [14] Hilszczańska D., Gil W., Olszowska G. Structure of post-fire ectomycorrhizal communities of Scots pine stand in a dry coniferous forest habitat. *Sylvan*, 2019, v. 163(1), pp. 71–79.
- [15] Perez-Izquierdo L., Clemmensen K.E., Strengbom J., Granath G., Wardle D.A., Nilsson M.C., Lindahl B.D. Crown-fire severity is more important than ground-fire severity in determining soil fungal community development in the boreal forest. *J. of Ecology*, 2021, v. 109, pp. 504–518.
- [16] Gryaz'kin A.V., Belyaeva N.V., Kazi I.A., Efimov A.V., Syrnikov I.A. *Osobennosti rosta podrosta sosny pod pologom drevostoev na sukhikh bednykh pochvakh* [Features of the growth of pine undergrowth under the canopy of forest stands on dry poor soils]. *Research Science (Banská Bystrica, Slovakia)*, 2019, no. 8, pp. 3–6.
- [17] Melekhov I.S. *Vliyanie pozharov na les* [The impact of fires on the forest]. Moscow-Leningrad: Izd-vo i fototipolitogr. Gos. lesotekhn. izd-va, 1948, 126 p.
- [18] Nguen Van Zin', Shakhov A.G., Vu Van Khung *Osobennosti samovozobnovleniya sosny obyknovlennoy* [Features of self-renewal of Scots pine. Forests of Russia: politics, industry, science, education]. *Les Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii* [Materials of the second International scientific and technical conference]. Ed. V.M. Ged'o. St. Petersburg, May 24–26 2017. St. Petersburg: SPbGLTU, 2017, t. 1, pp. 40–42.
- [19] Smirnov A.P., Gryaz'kin A.V. *Osobennosti pochvennykh usloviy i estestvennogo vozobnovleniya na vyrubkakh, proydennykh ognem* [Peculiarities of soil conditions and natural regeneration in clear-cut areas traversed by fire]. *Ekologiya taizhnykh lesov* [Ecology of taiga forests]. Syktyvkar, 1998, p. 211.
- [20] McCarthy N., Bentsen N.S., Willoughby I., Balandier P. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century. *European J. of Forest Research*, 2011, v. 130, pp. 7–16.
- [21] Toberman H., Chen C., Lewis T., Elser J.J. High-frequency fire alters C: N: P stoichiometry in forest litter. *Global Change Biology*, 2013, v. 20 (7), p. 2321–31. <https://doi.org/10.1111/gcb.12432>
- [22] *Pravila lesovosstanovleniya, sostav proekta lesovosstanovleniya, poriyadok razrabotki proekta lesovosstanovleniya i vneseniya v nego izmeneniy* [The rules of reforestation, the composition of the reforestation project, the procedure for developing a reforestation project and making changes to it]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573123762> (accessed 15.11.2021).
- [23] Krasnov M.L. *Estestvennoe vozobnovlenie sosny v svyazi s rubkami i pozharemi* [Natural renewal of pine in connection with fellings and fires]. Buzuluk bor. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1950, t. 2, pp. 3–97.
- [24] Khlyustov V.K., Gavrilova O.I., Morozova I.V. *Lesnye kul'tury Karelii (Etapy rannego vozrasta)* [Forest cultures of Karelia (Early age stages)]. Moscow: RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva, 2007, 233 p.
- [25] Lindgren D., Prescher F. Optimal clone number for seed orchards with tested clones. *Silvae Genetica*, 2005, v. 54, iss. 2, pp. 80–92. DOI: 10.1515/sg-2005-0013
- [26] Ne'eman G., Izhaki I. Stability of pre- and post-fire spatial structure of pine trees in Aleppo pine forest. *Ecography*, 1998, v. 21, pp. 535–542.

## Authors' information

**Gavrilova Ol'ga Ivanovna** — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Petrozavodsk State University, [ogavril@mail.ru](mailto:ogavril@mail.ru)

**Gryaz'kin Anatoliy Vasil'evich** — Dr. Sci. (Biology), Professor of the St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, [lesovod@bk.ru](mailto:lesovod@bk.ru)

Received 17.12.2021.

Approved after review 27.01.2022.

Accepted for publication 27.04.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article  
The authors declare that there is no conflict of interest