

## ТЕПЛОТВОРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОСТПИРОГЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **О.Н. Тюкавина**

аспирант кафедры лесоводства и лесоустройства **А.Г. Гудина**

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,  
г. Архангельск, Российская Федерация

Для лесов Севера характерна частая подверженность низовым пожарам. Актуально изучение качеств древесины горельников для ее рационального использования. Целью исследования являлось изучение теплотворной способности древесины сосны обыкновенной после низового пожара. Исследования проводились в Пермиловском, Унском и Обозерском участковых лесничествах Архангельской области с 2016 по 2018 г., давность пожара на исследуемых участках составила 3-8 лет. Теплотворную способность древесины сосны в абсолютно сухом состоянии определяли при помощи автоматизированного бомбового калориметра АБК-1В. Теплотворная способность древесины сосны постпирогенных насаждений в среднем составляет от 21 389 Дж/г до 22 452 Дж/г. В постпирогенных насаждениях теплотворная способность ядровой древесины сосны значительно больше по сравнению с заболонной на 1331 Дж/г. У усохших после низового пожара деревьев сосны и у жизнеспособных, подверженных 1-2 стадии гниения, теплотворная способность древесины находится на уровне здоровых деревьев и составляет 21 182 – 22 590 Дж/г и 21 521 – 22 394 Дж/г соответственно. Однако заболонная древесина у данной категории деревьев имеет пониженные значения: 19 648 – 19 873 Дж/г. Среднее значение теплотворной способности древесины сосны в насаждениях, не поврежденных пожарами, ниже на 658-1721 Дж/г по сравнению с постпирогенными. Впервые для севера Архангельской области получены данные по теплотворной способности постпирогенной древесины деревьев разных категорий состояния. Теплотворная способность постпирогенной древесины сосны разных категорий состояния характеризуется повышенными значениями, что позволяет использовать ее как сырье для биотоплива.

**Ключевые слова:** теплотворная способность, постпирогенная древесина, ядровая древесина, заболонная древесина, биотопливо

## HEATING CAPABILITY OF POSTPYROGEN PINE WOOD

PhD (Agriculture), Associate Professor **O.N. Tyukavina**

post-graduate student of the Department of Forestry and Forest Management **A.G. Gudina**

FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov",  
Arkhangelsk, Russian Federation

### Abstract

The forests of the North are characterized by frequent exposure to ground fires. The study of wood qualities at the burnt areas for its rational use is relevant. The aim of the study was to study the calorific value of Scots pine after a ground fire. The studies were conducted in the Permilovsk, Unsk and Obozersk forest districts of the Arkhangelsk region from 2016-2018. The fire duration in the studied areas was 3-8 years. The calorific value of pine wood in an absolutely dry state was determined using an ABK-1V automated bomb calorimeter. The calorific value of pine wood of post-pyrogenic stands averages from 21,389 J/g to 22,452 J/g. In post-pyrogenic stands, the calorific value of pine soundwood is significantly higher (1331 J/g) compared to sapwood. In pine trees that have dried up after a ground fire and in viable trees that are susceptible to 1-2 stages of decay, the calorific value of wood is at the level of healthy trees. It is 21,182 – 22,590 J/g and 21,521 – 22,394 J/g, respectively. However, sapwood for this category of trees has lower values of 19,648 – 19,873 J/g. The average calorific value of pine wood in plantations not damaged by fires is lower by

658 – 1,721 J/g in comparison with post-pyrogenic ones. For the first time, data on the calorific value of post-pyrogenic wood of trees of different status categories were obtained for the north of the Arkhangelsk region. The calorific value of post-pyrogenic pine wood of different categories of state is characterized by increased values. It allows it to be used as raw material for biofuel.

**Keywords:** calorific value, post-pyrogenic wood, sound wood, sapwood, biofuel

### Введение

Биоэнергетика необходима для экологической и энергетической безопасности страны [2, 5]. Биотопливо по сравнению с традиционными видами топлива более экологично, так как отсутствуют выбросы серных окислов, более чем на треть снижаются выбросы сажи по сравнению с обычным дизельным топливом, менее опасно воздействие на здоровье человека и окружающую среду в целом [3]. Перспективным возобновляемым видом топлива является древесная биомасса леса [19]. Потенциальными источниками древесного топлива являются остатки от вырубок, пни, баланс круглого леса [16]. Основным видом сырья для производства топливных гранул, пеллет является древесина [7]. Теплотворная способность древесины сосны активно изучается [9, 13, 16, 18, 21–23]. В связи с тем, что сырьем для пеллет является низкосортная, дровяная древесина, актуально рассмотрение качества древесины сосны гарей и горельников. Особенностью лесов Севера является частая подверженность пожарам. Выживаемость, отпад деревьев сосны после пожара зависит от вида, интенсивности пожара, высоты нагара на стволах, возраста деревьев, густоты древостоя и т. д. [8, 10, 14, 17, 22]. Выявление свойств постпирогенной древесины позволит рационально использовать древесные ресурсы.

**Целью** исследования являлось изучение теплотворной способности древесины сосны обыкновенной после низового пожара в сосняках брусничных и черничных влажных.

**Задачи:** оценить теплотворную способность древесины сосны на горельниках.

### Материалы и методы

Исследовали сосновые насаждения, пройденные низовыми пожарами, в Благовещенском участковом лесничестве Вельского лесничества, Унском участковом лесничестве Северодвинского лесничества, Пермиловском участковом лесничестве Обозерского лесничества Архангельской облас-

ти (табл. 1). Пробные площади закладывались в соответствии с общепринятыми методиками В.Н. Сукачева, С.В. Зонна [12], таксационные характеристики древостоев оценивали по методикам, описанным Н.П. Анучиным [1]. Классификация пройденных пожарами площадей выполнена с учетом методических рекомендаций И.С. Мелехова [6]. На всех пройденных огнем площадях устанавливался год и вид пожара, вид гари или горельника по классификации Мелехова [6]. Интенсивность пожара устанавливалась по высоте нагара на стволах [4, 10]. Насаждения пробных площадей № 2, 4, 10, 11 пройдены низовым пожаром слабой интенсивности; пробных площадей № 1, 3, 7, 8 – средней интенсивности; пробных площадей № 5, 9 – сильной интенсивности; пробная площадь № 6 – контроль. На пробных площадях отбирали керны возрастным буром у 10 модельных деревьев, характеризующихся средним диаметром по древостою. Керн разделяли на части длиной по 1,4 см (по диаметру чашечки калориметра) и сушили в сушильном шкафу до абсолютно сухого состояния при температуре 103 °С. Теплотворную способность этого материала определяли при помощи автоматизированного бомбового калориметра АБК-1В. Масса каждого сжигаемого образца составляла около 1 г. Настройка параметров калориметра, проведение измерений и расчет данных проводили с помощью программного комплекса «Calorimeter-G09» и программы «SetupCalorimeter-G09». Единицы измерения теплоты сгорания древесины – Дж/г.

### Результаты исследования

В сосняках брусничных отпад деревьев спустя 7-8 лет после пожара изменяется от 11 до 98 % в зависимости от высоты нагара (рис. 1). Отпад деревьев резко возрастает при высоте нагара на деревьях более 1,1 м. При высоте нагара более 2 м отпад деревьев приближается к 100 %. При увеличении давности пожара с 3 до 8 лет процент отпада

деревьев увеличился на 5 % в насаждении со средней высотой нагара 0,8 м и на 41 % – при высоте нагара 1,3 м.

В сосняках брусничных среди жизнеспособных деревья с наличием сердцевинной гнили при высоте нагара до 1,5 м составляют 15-28 %. В сосняках черничных влажных при средней высоте нагара 0,68 м доля жизнеспособных деревьев составляет от 76 до 97 % спустя 8 лет после пожара. Однако доля деревьев с сердцевинной гнилью 1-2 стадии среди жизнеспособных составляет до 86 %. Такой высокий процент поражения стволов сосны ядровой гнилью может быть обусловлен повреждением корней. В избыточно увлажненных условиях корневая система формируется в верхних слоях почвы, особенно микропонижениях, где напочвенный покров составляют сфагнумы, быстро прогорающие во время пожара. В результате при низовых пожарах слабой интенсивности происходит частичное повреждение корней, что негативно сказывается на защитных механизмах деревьев.

Таким образом, на горельниках деревья подразделяются на поврежденные жизнеспособные без гнили, поврежденные жизнеспособные с гнилью и усохшие.

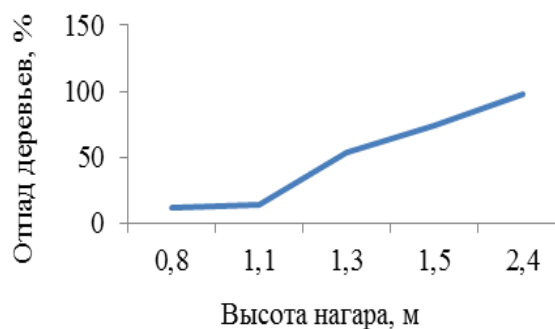


Рис. 1. Отпад деревьев спустя 7-8 лет после низового пожара в сосняках брусничных (Результаты получены авторами)

Рассмотрим теплотворную способность древесины сосны в вышеуказанных категориях. Теплотворная способность постпирогенной древесины жизнеспособных деревьев сосны без сердцевинной гнили изменяется от 20 600 Дж/г до 26 000 Дж/г, единично встречаются значения до 34 000 Дж/г. На контроле теплотворная способность древесины сосны изменяется от 20 500 Дж/г до 21 071 Дж/г. Среднее значение теплотворной способности постпирогенной древесины сосны превышает контроль на 658-1721 Дж/г, соответственно на 3-8 % (табл. 2).

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев пробных площадей (Результаты получены авторами)

№ ПП	Тип леса	Состав	Возраст древостоя, лет	Средние		Полнота отн.	Давность пожара, лет
				диаметр, см	высота, м		
Благовещенское участковое лесничество							
1	С. брусничный	10С	60	16,3	14,6	0,79	3
2	С. брусничный	10С	70	24,6	17,9	0,84	3
3	С. брусничный	10С	60	25,1	18,8	0,71	3
4	С. брусничный	10С	60	22,3	17,9	0,81	6
5	С. брусничный	10С	70	23,9	17,9	0,68	7
6	С. брусничный	10С	70	21,4	17,7	0,88	-
Пермиловское участковое лесничество							
7	С. брусничный	9С1Е	80	18	16	0,59	8
8	С. брусничный	10С	100	22	20	0,75	8
9	С. брусничный	10С	80	18	15	0,61	8
Унское участковое лесничество							
10	С. черничный влажный	10С	80	16	16	0,61	8
11	С. черничный влажный	10С	80	15	16	0,66	8

Таблица 2

Теплотворная способность древесины жизнеспособной сосны в сосняках брусничных после низового пожара  
(Результаты получены авторами)

№ ПП	1	2	3	4	5	6
Ср. высота нагара, м	1,50	0,97	1,36	0,86	2,22	-
Теплотворная способность древесины сосны, Дж/г	21882 ±272,0	22367 ±326,2	22452 ±392,6	22280 ±294,4	21389 ±399,3	20731 ±107
Достоверность различия с контролем $t$ при $t_{st} = 2,1$	3,2	4,1	3,7	4,3	1,6	-

Таблица 3

Теплотворная способность древесины жизнеспособной сосны в зависимости от радиального положения в стволе, Дж/г (Результаты получены авторами)

Положение в стволе	Постпирогенные насаждения	Контроль	Достоверность различия $t$ при $t_{st}$
Ядровая древесина	22884 ± 309,8	20875 ± 109,9	6,1
Заболонная древесина	21553 ± 59,9	20586 ± 96,7	8,5
Достоверность различия $t$ при $t_{st}=2,1$	6,9	2,0	-

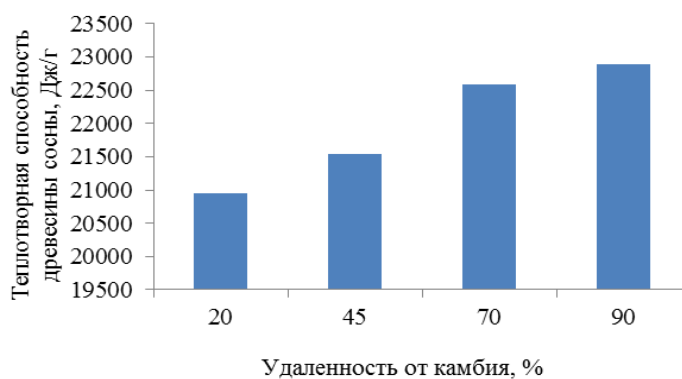


Рис. 2. Теплота сгорания древесины в зависимости от радиального расположения в стволе  
(Результаты получены авторами)

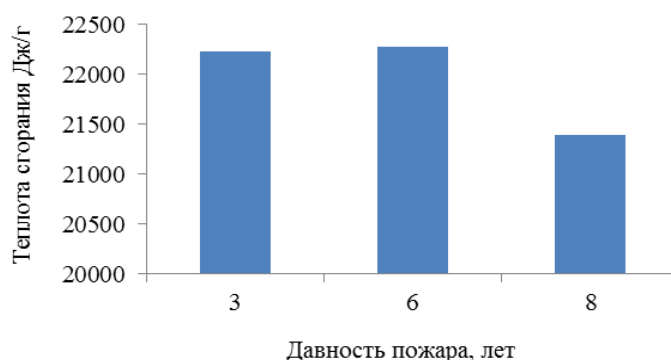


Рис. 3. Теплотворная способность древесины сосны в зависимости от давности низового пожара в сосняках брусничных (Результаты получены авторами)

Различие средних значений теплоты сгорания по пробной площади с контролем значимо при высоте нагара ниже 1,5 м. В постпирогенных насаждениях ядровая древесина сосны характеризуется большей теплотворной способностью по сравнению с заболонной. Различие значимо и составляет 1331 Дж/г (табл. 3). На контрольной пробной площади отмечается та же тенденция, но различие не значимо и составляет 285 Дж/г. В.П. Рябчук, Т.В. Юскевич, В.М. Гриб (2013) связывают несколько большую теплотворную способность ядровой древесины по сравнению с заболонной с наличием смолы, а повышенная смолистость хвойных способствует более высокой теплоте сгорания (Боровиков, Уголев, 1989). Изменение теплотворной способности древесины сосны при удалении от камбия происходит постепенно (рис. 2). В сосняках брусничных в результате повреждения дерева пожаром возрастает теплотворная способность как заболонной, так и ядровой древесины (табл. 3).

Давность прохождения насаждения пожаром до 6 лет не повлияла на теплотворную способность древесины сосны, но уже спустя 7 лет теплота сгорания древесины понизилась на 4 % (рис. 3). В сосняке брусничном Обозерского лесничества теплотворная способность постпирогенной ядровой древесины усохших сосен спустя 8 лет после низового пожара равносильна жизнеспособным деревьям. Теплотворная способность заболонной древесины усохших сосен на 6 % меньше по сравнению с жизнеспособными деревьями. Теплотворная способность древесины усохших в результате воздействия низового пожара сосен составляет вблизи коры  $19\,873 \pm 216$  Дж/г, в средней части радиуса поперечного сечения ствола –  $21\,521 \pm 258$  Дж/г, в центральной части ствола –  $22\,392 \pm 684$  Дж/г.

В сосняке черничном влажном после низового пожара слабой интенсивности спустя 8 лет большая часть жизнеспособных деревьев имеет бурую ядровую гниль 1-2 стадии гниения. Чаще всего возбудителем гнили является гриб окаймленный трутовик (*Fomitopsis pinicola* (Fr.) Karst.). Теплотворная способность ядровой древесины, подверженной гниению, находится на уровне здоровой древесины и составляет от 21 182 до 22 590 Дж/г. При этом теплотворная способность заболонной древесины составляет  $19\,648 \pm 168$  Дж/г, что на 6 % ниже заболони постпирогенной здоровой древесины.

Следовательно, у усохших деревьев и жизнеспособных деревьев, пораженных ядровой гнилью, теплотворная способность заболонной древесины ниже на 6 % по сравнению со здоровыми деревьями.

### Выводы

Теплотворная способность древесины сосны постпирогенных насаждений изменяется от 20 600 Дж/г до 26 000 Дж/г. В постпирогенных насаждениях ядровая древесина сосны характеризуется значимо большей теплотворной способностью по сравнению с заболонной. Различие составляет 1331 Дж/г. В насаждениях, не пройденных пожарами, различие теплоты сгорания между ядром и заболонью не значимо. Среднее значение теплотворной способности древесины сосны в насаждениях, не поврежденных пожарами, ниже на 658-1721 Дж/г по сравнению с постпирогенными. У усохших после низового пожара деревьев сосны и у жизнеспособных, подверженных 1-2 стадии гниения, теплотворная способность древесины находится на уровне здоровых деревьев, однако заболонная древесина имеет пониженные значения.

### Библиографический список

1. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – Москва : Лесная промышленность, 1982. – 552 с.
2. Астафуров, А. О. Роль перспективных технологий биоэнергетики в обеспечении экологической и энергетической безопасности / А. О. Астафуров // Вестник Международной академии наук. – 2011. – № 2 (3). – С. 16–17.
3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития / Л. С. Орлик [и др.]. – Москва : ФГНУ Росинформагротех, 2008. – 404 с.
4. Вакуров, А. Д. Лесные пожары на Севере / А. Д. Вакуров. – Москва : Наука, 1975. – 100 с.

5. Зонова, Н. В. Биоэнергетика в Российской Федерации / Н. В. Зонова, М. А. Гурьева, М. А. Кондратей // *Международные научные исследования*. – 2016. – № 1 (26). – С. 42–45.
6. Мелехов, И. С. Лесная пирология / И. С. Мелехов, С. И. Душа-Гудым. – Москва, 1979. – 80 с.
7. Перспективы использования растительных ресурсов Астраханской области в биоэнергетике / А. Л. Сальников [и др.] // *Проблемы региональной экологии и природопользования. Естественные науки*. – 2012. – № 1 (38). – С. 92–99.
8. Романов, В. Е. Определение ущерба от низовых лесных пожаров / В. Е. Романов // *Лесное хозяйство*. – 1968. – № 2. – С. 36–38.
9. Рябчук, В. П. Физические свойства древесины видов рода Сосна / В. П. Рябчук, Т. В. Юскевич, В. М. Гриб // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2013. – № 5 (335). – С. 160–169.
10. Савченко, А. Г. Методологические аспекты изучения влияния низовых пожаров на лес / А. Г. Савченко // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 1987. – № 4. – С. 27–31.
11. Софронов, М. А. Канадская система оценки пожарной опасности в лесах / М. А. Софронов, А. В. Волокитина // *Лесное хозяйство за рубежом : экспресс-информация*. – Москва, 1996. – Вып. 5. – С. 2–22.
12. Сукачев, В. Н. Методические указания по изучению типов леса / В. Н. Сукачев, С. В. Зонн. – Москва : Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
13. Теплота сгорания древесного топлива / Ю. В. Максимук [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2017. – № 4. – С. 116–129.
14. Baker, W. L. Effect of scale and spatial heterogeneity on fire interval distributions / W. L. Baker // *Canadian Journal of Forest Research*. – 1989. – Vol. 19. – P. 700–706.
15. Estimation of Energy Wood Potential in Europe / Timo Karjalainen [et al.] // *Working Papers of the Finnish Forest Research Institute*. – 2004. – Iss. 6. – 43 p. – URL: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp006.htm> (30.11.17).
16. Harker, A. P. Calorific Values for Wood and Bark and a Bibliography for Fuelwood / A. P. Harker, A. Sandels, J. Burley // *Report, Tropical Products Institute*. – London, 1982. – №. G.
17. Heinselman, M. L. Fire and Succession in the Conifer Forests of Northern North America / M. L. Heinselman // *Forest Succession : Concepts and Application* / ed. by: D. C. West, H. H. Shugart, D. B. Botkin. – New York : Springer Verlag, 1983. – P. 374–405.
18. Orémusová, E. Evaluation of the Gross and Net Calorific Value of the Selected Wood Species / E. Orémusová, L. Tereňová, R. Réh // *Advanced Materials Research*. – 2014. – Vol. 1001. – P. 292–299.
19. Parikka, M. Global biomass fuel resources / M. Parikka // *Biomass and Bioenergy*. – 2004. – Vol. 27. – P. 613–620.
20. Senelwa, K. Fuel Characteristics of Shot Rotation Forest Biomass / K. Senelwa, R. E. H. Sims // *Biomass and Bioenergy*. – 1999. – Vol. 17 (2). – P. 127–140.
21. Telmo, C. Heating Values of Wood Pellets from Different Species / C. Telmo, J. Lousada // *Biomass and Bioenergy*. – 2011. – Vol. 16 (6). – P. 2634–2639.
22. Wagner, C. E. van. Fire and red pine / C. E. van Wagner // *Proceedings 10th Tall Timbers Fire Ecology Conference, 1970 August 20–21*. – Tallahassee, 1970. – P. 211–219.
23. Zeng, W. Calorific values and ash contents of different parts of Masson pine trees in southern China / W. Zeng, S. Tang, Q. Xiao // *Journal of Forest Research*. – 2014. – Vol. 25, Iss. 4. – P. 779–786.

### References

1. Anuchin N.P. Forest taxation. Moscow: Forest industry, 1982. 552 p. (in Russian).
2. Astafurov A.O. (2011) The role of promising bioenergy technologies in ensuring environmental and energy security. *Bulletin of the International Academy of Sciences*, No. 2 (3), pp. 16-17 (in Russian).
3. Orsic L.S. (et al.). Bioenergy: international experience and prospects of development. Moscow: Rosinformagrotech, 2008. 404 p. (in Russian).
4. Vakurov A.D. Forest fires in the North. Moscow: Nauka, 1975. 100 p. (in Russian).
5. Zonova N.V., Guryeva M.A., Kondratey M.A. (2016) Bioenergetics in the Russian Federation. *International scientific research*, No. 1 (26), pp. 42-45 (in Russian).
6. Melekhov I.S., Dusha-Gudym S.I. Forest pyrology. Moscow, 1979, 80 p. (in Russian).
7. Salnikov A.L. (et al.) (2012) Prospects for using plant resources in the Astrakhan region in bioenergy. *Problems of regional ecology and nature management. Natural science*, No. 1 (38), pp. 92-99 (in Russian).
8. Romanov V.E. (1968) Determination of damage from low-level forest fires. *Forestry*, No. 2, pp. 36-38 (in Russian).
9. Ryabchuk V.P., Yuskevich T.V., Grib V.M. (2013) Physical properties of wood species of the genus Pine *Proceedings of higher educational institutions. Forest journal*, No. 5 (335), pp. 160-169 (in Russian).
10. Savchenko A.G. (1987) Methodological aspects of studying the impact of grassroots fires on the forest. *Proceedings of higher educational institutions. Forest journal*, No. 4, pp. 27-31 (in Russian).
11. Sofronov M.A., Volokitina A.V. Canadian fire hazard assessment system in forests. *Forestry abroad: Express information*. Moscow, 1996. Vol. 5, pp. 2-22 (in Russian).
12. Sukachev V.N., Zonn S.V. Methodological guidelines for the study of forest types. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1961. 144 p. (in Russian).
13. Maksimuk Yu.V. (et al.) (2017) Heat of combustion of wood fuel. *Proceedings of higher educational institutions. Forest journal*, No. 4, pp. 116-129 (in Russian).
14. Baker W.L. (1989) Effect of scale and spatial heterogeneity on fire interval distributions. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 19, pp. 700-706.
15. Karjalainen T. (et al.) (2004) Estimation of Energy Wood Potential in Europe. *Working Papers of the Finnish Forest Research Institute*, Iss. 6, 43 p. URL: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp006.htm>.
16. Harker A.P., Sandels A., Burley J. Calorific Values for Wood and Bark and a Bibliography for Fuelwood. Report, Tropical Products Institute. London, 1982. №. G.
17. Heinselman M.L. Fire and Succession in the Conifer Forests of Northern North America. *Forest Succession: Concepts and Application*; ed. by: D.C. West, H.H. Shugart, D.B. Botkin. New York : Springer Verlag, 1983, pp. 374-405.
18. Orémusová E., Tereňová L., Réh R. (2014) Evaluation of the Gross and Net Calorific Value of the Selected Wood Species. *Advanced Materials Research*, Vol. 1001, pp. 292-299.
19. Parikka M. (2004) Global biomass fuel resources. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 27, pp. 613-620.
20. Senelwa K., Sims R.E.H. (1999) Fuel Characteristics of Shot Rotation Forest Biomass. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 17 (2), pp. 127-140.
21. Telmo C., Lousada J. (2011) Heating Values of Wood Pellets from Different Species. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 16 (6), pp. 2634-2639.
22. Wagner C.E. van. Fire and red pine. *Proceedings 10th Tall Timbers Fire Ecology Conference, 1970 August 20–21*. Tallahassee, 1970, pp. 211-219.
23. Zeng W., Tang S., Xiao Q. (2014) Calorific values and ash contents of different parts of Masson pine trees in southern China. *Journal of Forest Research*, Vol. 25, Iss. 4, pp. 779-786.

### Сведения об авторах

*Тюкавина Ольга Николаевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии, экологии и биотехнологии Высшей школы естественных наук и технологий ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: o.tukavina@narfu.ru.

*Гудина Александра Геннадьевна* – аспирант кафедры лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: aleksandra-oblova@yandex.ru.

### Information about authors

*Tyukavina Olga Nikolaevna* – PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Biology, Ecology and Biotechnology of the Higher School of Natural Sciences and Technology, FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov", Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: o.tukavina@narfu.ru.

*Gudina Aleksandra Gennadievna* – post-graduate student of the Department of Forestry and Forest Management of the Higher School of Natural Sciences and Technology, FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov", Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: aleksandra-oblova@yandex.ru.