

ВЫСОТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛЬНОСТИ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КОРКИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

О.М. ХРАМЧЕНКОВА, Д.Н. ДРОЗДОВ, Р.И. НОВИКОВ, А.М. САВЧЕНКО

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,

г. Гомель, Республика Беларусь, hramchenkova@gsy.by

Введение. Корка у деревьев представляет собой наружный слой тканей, состоящий из мертвых клеток, и предназначенный для защиты от неблагоприятных воздействий внешней среды. С первых лет жизни ветви и ствол дерева покрываются наружным пробковым слоем, образуемым пробковым камбием. Через несколько лет пробковый камбий замирает, и в живой коре возникает новый пробковый камбий; из него – новый, внутренний пробковый слой. Через несколько лет замирает и второй пробковый камбий. В глубине коры вновь появляется пробковый камбий и новый пробковый слой и т.д. [1–4]. У сосны второй и последующие пробковые слои формируются в виде дужек, концы которых соединяются с наружным слоем пробки, а вогнутая часть захватывает отдельные дугообразные участки живой коры. Наружные участки корки, изолированные пробковым слоем, лишаются влаги и питательных веществ, и поэтому отмирают [1, 2].

Пробковая часть корки состоит из нескольких слоев клеток с утолщенными оболочками и из большого числа слоев тонкостенных клеток, не содержащих суберина. Чередование слоев является причиной неравномерности напряжений при набухании и усушке корки, а также росте ствола дерева в толщину. При таком неравномерном распределении давления корка растрескивается, на ее поверхности формируется определенный рисунок, еще при жизни дерева отслаиваются ее самые наружные части. Корка обычно начинает разрываться в тонкостенных, наименее прочных слоях пробковой ткани. При постоянном отслаивании корки постепенно вскрываются все новые слои клеток с лигноцеллюлозными оболочками [1, 4].

Объем корки по отношению к объему ствола сосны зависит от возраста дерева и условий произрастания и равен $10 \div 16$ % [5, 6]. С возрастом (ростом диаметра ствола) относительный объем корки снижается, ее толщина уменьшается по направлению от комля к верхушке. Ухудшение условий произрастания сосны (избыточное увлажнение или иссушение почвы, пониженное световое довольствие и др.) приводит к уменьшению толщины корки [3, 4, 7].

Зольность корки сосны составляет, по разным данным, $1,4 (2,2) \div 2,5 (5,6)$ % [5, 6, 8, 9]. Основными элементами в составе золы являются Ca, Si, K, Na, Mg, Fe; в меньшей степени – Cu, Mn, Al и др. [5, 8, 9]. Зольность и элементный состав корки сосны является важным интегральным показателем условий роста деревьев и характеристикой местообитания эпифитных организмов, например, лишайников [10]. Изучению химического состава корки хвойных, называемой в таких работах корой, посвящено много исследований [11–15]. Практически во всех работах приводятся значения зольности корки, элементного состава ее зольной части, без указания возраста деревьев, условий произрастания и места отбора проб, в том числе – по высоте ствола. Для лесорастительных условий юго-востока Беларуси данных о вертикальном распределении зольности и элементного состава корки сосны обыкновенной крайне мало. Целью настоящего исследования была оценка вертикального распределения показателей зольности и содержания комплекса минеральных элементов в корке сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Методика и объекты исследования. Пробы корки сосны отбирали на территории Ветковского лесничества Государственного специализированного лесохозяйственного учреждения «Ветковский спецлесхоз», где на ряде выделов производилась сплошная санитарная рубка, во время которой методом случайной выборки нами были отобраны модельные деревья. Пробная площадь представляла собой чистое сосновое насаждение IV класса возраста с полнотой 0,8. Тип леса – сосняк мшистый, лесорастительные условия – А₂.

На срубленных модельных деревьях измеряли длину ствола – расстояние от основания ствола до начала кроны (первая живая ветвь) с учетом высоты пня. Ствол размечали на секции длиной 1 м. Определяли диаметр в коре в двух направлениях (север–юг и восток–запад) и длину окружности в коре на середине каждого отрезка [16, 17].

Пробы корки отбирали на середине каждого метрового отрезка модельного дерева, высушивали, озоляли при температуре 550 °С, определяли зольность. Полученную золу обрабатывали цар-

ской водкой при нагревании, упаривали до влажных солей, после чего методом атомно-абсорбционной спектрометрии определяли содержание Ca, K, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu. Полученные данные пересчитывали на 1 г золы и воздушно-сухой корки. Данные обрабатывали с использованием стандартного программного продукта «Статистика 7.0».

Результаты и их обсуждение. В таблице представлены результаты определения зольности и концентраций Ca, K, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu в корке сосны обыкновенной.

Таблица – Зольность и содержание минеральных элементов в корке сосны обыкновенной

| Показатель | Зольность, % | Концентрация элементов, мг/г корки | | | | | | |
|------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Ca | K | Fe | Mg | Mn | Zn | Cu |
| Средняя | 1,8997 ±0,0694 | 3,3553± 0,1371 | 0,1024± 0,0051 | 0,0976± 0,0119 | 0,1146± 0,0056 | 0,0757± 0,0038 | 0,0096± 0,0003 | 0,0010± 0,0001 |
| Медиана | 1,8760 | 3,3664 | 0,0973 | 0,0549 | 0,1045 | 0,0738 | 0,0094 | 0,0009 |
| Минимум | 0,8578 | 1,5740 | 0,0337 | 0,0114 | 0,0108 | 0,0203 | 0,0014 | 0,0002 |
| Максимум | 3,3254 | 6,0732 | 0,2209 | 0,4293 | 0,2418 | 0,1505 | 0,0166 | 0,0028 |

В золе корки сосны имеет место следующий ряд убывания концентраций химических элементов: Ca > Mg > K > Mn ≈ Fe > Zn > Cu. Представленные данные получены для целого дерева (от комля до кроны), поэтому они несколько ниже приведенных в литературе [5, 6, 8, 9]. Зольность корки обычно бывает выше зольности стволовой древесины, а также ветвей, сучьев и корней. Это объясняется рядом причин. При формировании корки в ее состав включаются клетки паренхимы живой коры, содержащие кристаллы солей кальция, а также (в существенно меньшем количестве) малорастворимые соли других минеральных элементов [2–4]. Поверхность корки все время роста дерева постоянно обдувается атмосферным воздухом и улавливает при этом содержащиеся в нем минеральные аэрозоли. Наконец, корка постоянно взаимодействует с капельно-жидкой влагой, появляющейся на стволах деревьев во время дождя, тумана, росы, таяния снега и пр. Такая влага представляет собой сложную, многокомпонентную жидкость, содержащую водорастворимые вещества, вымываемые из листьев, ветвей, вышерасположенной корки, эпифитных лишайников. Она включает выделения насекомых, осажденные листьями и ветвями пылевые частицы и др. Вода атмосферных осадков существенно отличается от дистиллированной, так как содержит ряд катионов и анионов, образовавшихся в результате взаимодействия с промышленными газами и пылью как местного происхождения, так и трансграничными воздушными массами [18, 19].

В результате статического анализа данных установлено, что вертикальное распределение содержания золы и концентрации элементов корки (за исключением Fe) подчиняются закону Гаусса; отношение коэффициентов асимметрии и эксцесса к их ошибкам не превышает 3 ($p < 0,01$). По высоте ствола сосны зольность ее корки снижается (рисунок 1).

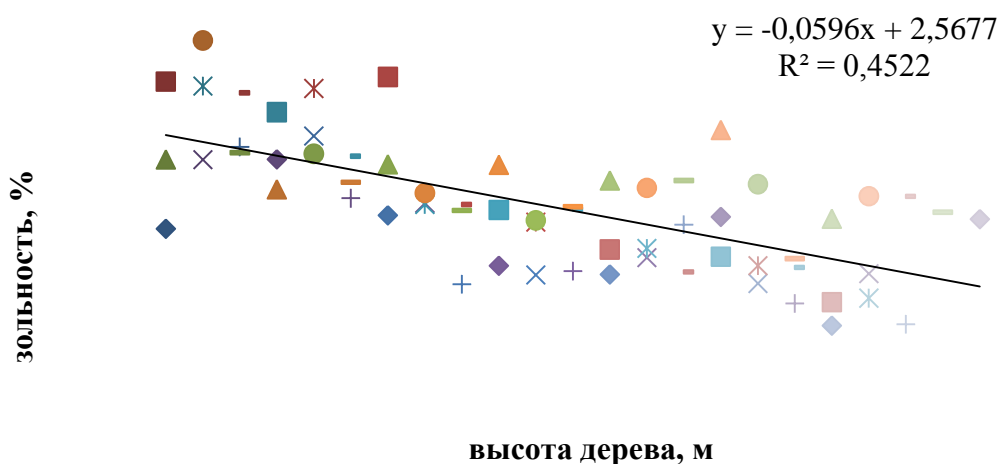


Рисунок 1 – Зависимость зольности корки сосны обыкновенной от высоты дерева

Вариабельность анализируемого показателя весьма значительна: деревья, находящиеся рядом в насаждениях, имеют корку, достоверно отличающуюся по показателю зольности. Статистически значимые отличия для значений зольности корки были показаны для нижней части ствола сосен, его средней и верхней частей – на уровне первой нижней живой ветви. Это, по-видимому, связано с изменением анатомического строения покровных тканей сосны обыкновенной [20]. Дисперсионный анализ силы влияния высоты ствола показал, что вариация зольности корки на 62 % обусловлена этим фактором.

Долевое участие кальция в составе золы сосновой корки по высоте ствола колеблется в пределах 83 – 94 %; калия – 1,5 – 4,7 %; железа – 1,0 – 8,8 %; магния – 2,1 – 4,6; марганца – 1,5 – 2,8 %; цинка – 0,2 – 0,4 %; меди – 0,01 – 0,07 %. Вертикальная динамика содержания кальция, калия, железа и меди имеет нелинейный характер и удовлетворительно аппроксимируется логарифмической функцией с коэффициентами корреляции $r > 0,8$ и выше ($p < 0,05$) (рисунок 2).

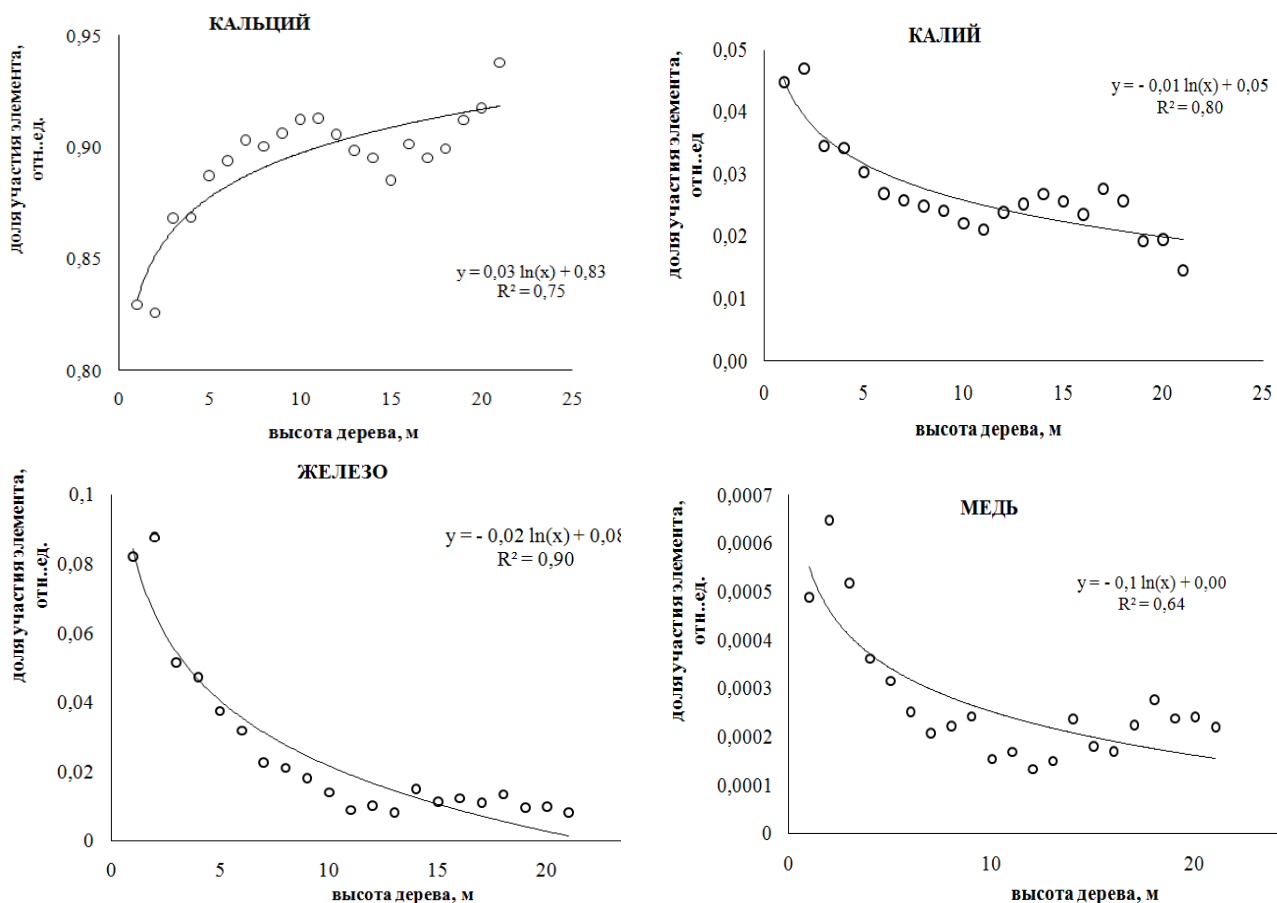


Рисунок 2 – Зависимость величины вклада кальция, калия, железа и меди в состав золы корки сосны обыкновенной от высоты дерева

Таким образом, от комля к кроне сосны вклад кальция в состав золы ее корки растет, тогда как долевое участие калия, железа и меди снижается. Возможно, это связано с еще имеющей место вовлеченностью калия, железа и меди в метаболизм верхней части ствола, тогда как ионы кальция из него уже исключены. Для магния, марганца и цинка не установлено достоверного отличия концентраций по высоте ствола сосны, на что указывают низкие значения коэффициентов корреляции ($r < 0,1$) Имеет место практически равномерное распределение этих элементов в корке по высоте ствола.

Распределение содержания Ca, K, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu в корке сосны обыкновенной по высоте представлено на рисунке 3.

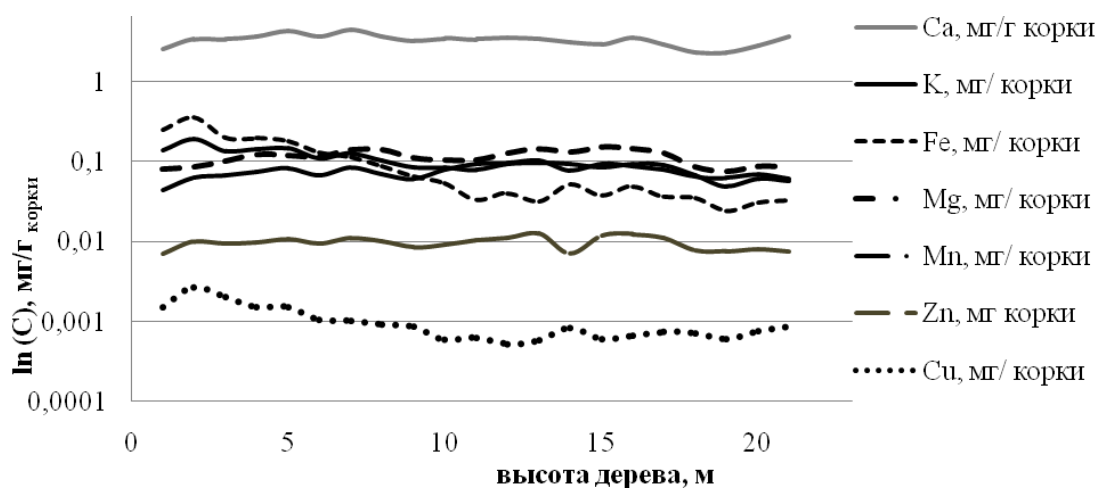


Рисунок 3 – Содержание минеральных элементов в корке сосны обыкновенной на разной высоте дерева

Методом однофакторного дисперсионного анализа оценили влияние высоты ствола сосны на содержание минеральных элементов в ее корке. Для кальция было выявлено, что удельная концентрация элемента мало изменяется по высоте ствола дерева (сила влияния высоты составила 24 %). Для калия эта величина составила 72 %; для магния – 27 %; марганца – 23 %; железа – 90 %; цинка – 49 %; меди – 66 %.

В ходе роста сосны обыкновенной верхний слой ее корки со временем теряет связь с растворами, образующимися в процессе обмена веществ между растением и почвой, и больше контактирует с растворами и газами в системе «воздух–растение». Механизмы поглощения, метаболизации и передвижения минеральных веществ в мертвой ткани уже не действуют, поэтому элементный состав корки рядом стоящих в лесу деревьев достоверно отличается, так как зависит от иных, не физиологических причин.

Выводы. Средняя зольность корки сосны обыкновенной составляет $1,9 \pm 0,07$ % и снижается от комля до кроны дерева. Долевое участие кальция в составе золы сосновой корки, по высоте ствола, колеблется в пределах 83–94%; калия – 1,5–4,7 %; железа – 1,0–8,8 %; магния – 2,1–4,6; марганца – 1,5–2,8 %; цинка – 0,2–0,4 %; меди – 0,01–0,07 %. По высоте ствола сосны вклад кальция в состав золы ее корки возрастает, доля калия, железа и меди снижается. Удельное содержание калия, железа и меди в корке сосны обыкновенной зависит от высоты ствола и снижается от комля до кроны дерева.

Литература

1. Адамович, Э. И. О причинах образования корки на стволах деревьев / Э. И. Адамович // Ботанический журнал. – 1961, Т. 46, № 9. – С. 1271–1275.
2. Еремин, В. М. Анатомия коры видов *Pinus* (*Pinaceae*) Советского Союза / В.М. Еремин // Ботанический журнал. – 1978, Т. 63, № 5. – С. 649 – 663.
3. Еремин, В. М. Влияние избыточного увлажнения на анатомическую структуру коры сосны обыкновенной/ В. М. Еремин // ИВУЗ: Лесной журнал. – 1975, № 2. – С. 7 – 11.
4. Еремин, В. М. Особенности анатомического строения коры некоторых 37вяти37их в 37вяти с условиями произрастания/ В. М. Еремин // ИВУЗ: Лесной журнал. – 1982, № 3. – С. 14 – 18.
5. Уголев, Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение / Б.Н. Уголев. – М.: Академия, 2011. – 272 с.
6. Житков, А.В. Утилизация древесной коры / А.В. Житков. – М.: Лесная промышленность, – 1985. – 136 с.
7. Еремин, В. М.О влиянии абиотических факторов среды на анатомическое строение коры/ В. М. Еремин // ИВУЗ: Лесной журнал. – 1982, № 4. – С. 23– 27.
8. Браунинг, Б.Л. Химия древесины / Б.Л. Браунинг. – М.: Лесная промышленность, 1967 – 415 с.
9. Корбукова И.В. Особенности химического состава корки и луба *Pinus sylvestris* L.: дис.... канд. хим. наук.: 05.21.03 / И.В. Корбукова. – СПб, 1996. – 160 с.

10. Pyatt, F. B. Lichen ecology of metal spoil tips: effects of metal ions on ascospore viability / F. B. Pyatt // *The Bryologist*. – 1976. – Vol. 79, № 2. – P. 172–179.
11. Безотходная переработка коры пихты / В.А. Левданский [и др.] // *Химия растительного сырья*. – 2000. – № 4. – С. 21–28.
12. Экстрактивные вещества коры *Larix dahurica* / Г.Ф. Черненко [и др.] // *Химия природных соединений*. – 1991. – № 4. – С. 580–582.
13. Экстрактивные вещества коры *Picea janensis* / Г.Ф. Черненко [и др.] // *Химия природных соединений*. – 1990. – № 5. – С. 645–649.
14. Бутылкина, А.И. Изучение состава экстрактивных веществ, выделенных из коры сосны различными методами / А.И. Бутылкина, В.А. Левданский, Б.Н. Кузнецов // *Химия растительного сырья*. – 2011. – № 2. – С. 77–82.
15. Дейнеко, И.П. Исследование химического состава коры сосны / И.П. Дейнеко, И.В. Дейнеко, Л.П. Белов // *Химия растительного сырья*. – 2007. – № 1. – С. 19–24.
16. Погребняк, П. С. Общее лесоводство / П. С. Погребняк. – М.: Колос, 1968. – 440 с.
17. Тихонов, А. С. Лесоведение / А. С. Тихонов. – Калуга: ГП «Облиздат», 2011. – 332 с.
18. Храменкова, О.М. Химический состав снежного покрова Гомельского района в 2001–2003 гг. / О.М. Храменкова, А.М. Будов, А.А. Горнасталева // *Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины*, № 3 (24), 2004. – С.93–102.
19. Храменкова, О.М. Кислотность и анионный состав атмосферных осадков в г. Гомеле / О.М. Храменкова, А.М. Будов // *Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины*, №4 (13), 2002. – С.3–11.
20. Храменкова, О.М. Высотное распределение зольности коры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / О.М. Храменкова, А.Г. Цуриков, П.А. Шеин // *Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины*, № 3 (90). – 2015. – С. 55 – 59.

HEIGHT DISTRIBUTION OF ASH AND ELEMENTS VALUES IN THE BARK OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

V.M. KHRAMCHANKOVA, D.N. DRAZDOU, R.I. NOVIKAU, A.M. SAUCHANKA

Summary

The paper presents the height distribution of ash and elements values in bark of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). The average ashes Scots pine for mature *Pinetum pleuroziosum* bark is about $1,9 \pm 0,07\%$, and it decreases with the butt of the tree to tree crown. The values of ash and K, Fe and Cu concentration decreases with height of the trunk.

Статья поступила 13 октября 2016г.