

УДК 630\*114:582.475:630\*243(476.7)

**М. В. Левковская<sup>1</sup>, В. В. Сарнацкий<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина<sup>2</sup>Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича

Национальной академии наук Беларуси

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РУБОК УХОДА  
НА КОРНЕНАСЫЩЕННОСТЬ ПОЧВЫ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ**

В статье проанализированы результаты трехлетних исследований биомассы корней верхних горизонтов почвы методом мелких монолитов в чистых сосняках мшистых Брестского государственного производственного лесохозяйственного объединения, в которых были проведены прореживания и проходные рубки с использованием лесозаготовительных многооперационных машин и механизмов: харвестеров и форвардеров. С целью изучения динамики корненасыщенности на 8 пробных площадях в сосняках Барановичского, Ивацевичского и Пружанского лесхозов были отобраны почвенные монолиты высотой 20 см, где содержится до 80% крупных и мелких активных корней сосны. Определена общая масса корней и их отдельных фракций по толщине на пасаках и волоках по сравнению с контрольным участком без ухода. Изменение показателей твердости и плотности почвы после движения харвестеров и форвардеров влияет на массу корней различных фракций. Величина сухой массы тонких и крупных корней в пасаке в большинстве случаев превышает их массу на волоке.

Достоверно отличаются значения массы корней лесной подстилки на единицу площади пасаки и волока. Масса физиологически активных корней лесной подстилки после прохождения многооперационных машин уменьшилась в 1,2–3,9 раза.

**Ключевые слова:** механизированные рубки ухода, сосняки мшистые, твердость почвы, масса корней.

**M. V. Levkovskaya<sup>1</sup>, V. V. Sarnatsky<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Brest State A. S. Pushkin University<sup>2</sup>V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany  
of the National Academy of Sciences of Belarus**INFLUENCE OF MECHANIZED THINNING ON ROOT MASS  
IN MOSS-COVERED PINE FORESTS**

The article presents the results of three-year investigation of the dynamic of the root mass of the upper soil horizons by the method of small monoliths in the pure moss-covered pine forests in Brest state forestry production association, where thinning was carried out by harvesters and forwarders. In order to study the dynamics of root mass in 8 trial areas in the pine forests of Baranovichy, Ivatsevichy and Pruzhany forestries, there were selected soil monoliths 20 cm deep, which contain up to 80% of large and small physiologically active pine roots. There were determined the total mass of roots and their individual fractions for the thickness in the blocks and the corridors in comparison with the control plot without care. The change in the hardness and density of the soil after the movement of harvesters and forwarders affects the mass of the roots of various fractions. The amount of dry mass of fine and large roots in the blocks is larger generally than it's mass for the corridors.

The mass of the physiologically active roots of the forest floor decreased 1.2–3.9 times after being passed by multi-operation machines.

**Key words:** mechanized thinning, moss-covered pine forests, soil hardness, root mass.

**Введение.** В связи с повышением уровня механизации лесозаготовок при проведении прореживаний и проходных рубок актуальным является изучение изменений компонентов лесных экосистем под влиянием многооперационных машин и механизмов.

Согласно многим исследованиям, применение агрегатной лесозаготовительной техники приводит к уплотнению почвы, изменению водно-физических свойств, условий корнеоби-

тания и нарушению функционирования корневых систем растений [1–8]. Механическое повреждение поверхностных корневых систем приводит к снижению роста деревьев из-за повреждаемости мелких корней [6].

По данным Баневой Н. А., после проведения механизированных рубок ухода масса физиологически активных корней в почве волоков уменьшается на 80–90% [1]. Нормальная реакция на рубки ухода наблюдается у деревьев,

расположенных не ближе 3–5 м от колесной колеи [2].

Характер воздействия лесозаготовительной техники на почву и лесную среду зависит от зонально-типологических особенностей, почвенно-грунтовых условий, времени года, типа применяемых механизмов и технологических процессов лесосечных работ [4, 6, 9].

С этой целью для каждого региона разрабатывается классификация лесных территорий с указанием сезона и технологии проведения рубок, что способствует минимизированию воздействия техники на почву и разнообразие растительности [6, 10].

На территории лесхозов Брестской области используют следующие харвестеры для рубок ухода: Vimek-404, Samroo-1046, Амкордор-2541.

**Основная часть.** Цель работы – определить особенности изменения массы корней в сосняках мшистых лесхозов Брестского государственного производственного лесохозяйственного объединения после рубок ухода слабой и умеренной интенсивности с использованием харвестеров и форвардеров (Valtra X120, Vimek 606, МПТ 461.1).

В чистых сосняках мшистых I класса бонитета, II–III классов возраста, состава 10С или 10С+Б Брестской области на 8 пробных площадях 3 года для изучения изменения массы корней отбирали по 3 почвенных монолита размером 10×10×20 см на волоках и пасаках.

Следует отметить, что рубки ухода на пробных площадях 2, 3 были проведены в зимне-весенний период, а на пробной площадке 6 – зимой при наличии снежного покрова.

Выбор параметра высоты монолита обусловлен тем, что в Полесье основная масса крупных и мелких (тонких) активных корней сосны в чистых и смешанных насаждениях сосредоточена в верхнем 20-сантиметровом слое почвы (в перегнойном горизонте А<sub>1</sub>) [11, 12], где в наибольшей степени ощущается колебание температуры и влажности почвы после разреживания древостоя [13].

Выбранные из монолитов по слоям корни согласно методике И. Н. Рахтеенко – Б. И. Якушева разделяли на три группы по диаметру (меньше 1 мм, 1–3 мм и толще 3 мм). Корни тоньше 1 мм относили к тонким (мелким), двух других фракций – к крупным [14].

Корни высушивали до воздушно-сухого состояния при температуре 105° в термостате и вычисляли их массу на единицу площади [14].

Следует отметить, что существуют различные подходы к выделению фракций корней в зависимости от морфологии и выполняемых функций [11, 12, 14–18].

Физиологически активная часть корневой системы представлена ростовыми и сосущими корневыми окончаниями. Толщина ростовых корней древесных растений составляет 1–3 мм, иногда – 3–8 мм. Они крупнее сосущих, обладают интенсивным ростом и наряду с поглотительной функцией осваивают новые области почвогрунта.

Тонкая фракция корней функционально специфична, поэтому выделяют тонкие и скелетные (проводящие) корни. Многие исследователи к тонким корням относят фракцию с толщиной меньше 1 мм, так как они подвержены сезонным флуктуациям массы [17].

Наиболее важной считается фракция корней диаметром до 3 мм (по ряду данных до 2 мм), к которым относят активные корни до 1 мм толщины (всасывающие) и проводящие толще 1 мм [12, 14, 16]. Большинство исследователей к деятельным корням относят корни тоньше 0,5–1–2 мм, но это деление условно. По В. А. Колесникову, на примере плодовых культур целесообразнее выделять фракцию тонких корней диаметром до 2–3 мм [12, 14–16].

Орлов А. Я., Кошельков С. П. корни сосны по морфолого-анатомическому строению, связанному с их основной функциональной ролью, делили на две категории – проводящие и сосущие (всасывающие) [11], другие исследователи выделяли фракции физиологически активных корней диаметром до 2 мм и проводящих диаметром более 2 мм [18].

Согласно результатам проведенных исследований плотность верхних горизонтов почвы (50 см) в пасаке на пробных площадях, заложенных в сосняках мшистых Брестской области, варьирует от 0,91 до 1,42 г/см<sup>3</sup>. На волоке после проведения рубок ухода различной давности с применением лесозаготовительной техники показатель плотности увеличивается в 1,1–1,4 раза по сравнению с пасакой и контрольным вариантом опыта и достигает 1,53 г/см<sup>3</sup>.

Быстрота роста и накопления массы древесными растениями максимальна при плотности почвы 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup>, рост корней сосны отмечен при плотности почвы менее 1,6 г/см<sup>3</sup> [19].

Результаты полевых исследований позволяют отметить возрастание твердости почвы на волоках до 17 кг/см<sup>2</sup>, что в 1,7–3,5 раза превышает показатели твердости на пасаке и в 1,3–4,0 раза в контрольном варианте без ухода.

Изменение показателей твердости и плотности почвы на волоках после движения харвестеров и форвардеров может повлиять на массу и развитие тонких корней на волоках [1, 5].

По результатам анализа отобранных почвенных монолитов общая масса корней диаметром

до 3 мм на волоке составила 3,99 т/га, пасеке – 5,03 т/га, контрольном участке без ухода – 2,85 т/га (табл. 1).

Таблица 1  
Общая масса корней разных фракций  
(до 3 мм), т/га

ПП	Давность рубки, лет	Масса корней, т/га	
		Коридор	Пасека
1	7	1,19	1,53
	9	2,14	5,61
2	7	4,44	6,45
	8	8,06	11,03
3	6	3,86	4,15
	8	4,29	6,84
4	4	2,28	1,96
	6	3,77	5,4
5	2	4,81	5,19
	4	4,82	7,13
6	2	3,37	3,36
	3	5,16	4,74
7	1	3,67	3,41
	2	3,93	3,63
8	Без ухода	1,5	
	Без ухода	4,2	

Масса корней верхних горизонтов почвы диаметром до 3 мм на исследуемых пробных площадях в пасеке варьирует от 1,53 до 11,03 т/га; на волоке – от 1,19 до 8,06 т/га. Общая масса фракции корней толщиной до 3 мм в 1,1–3,3 раза больше в пасеке, чем на волоке.

Различия в значениях массы корней в зависимости от давности рубки на волоке и пасеке достоверны, что связано с уменьшением количества деревьев на волоке и отмиранием корней. Через 1–2 года после рубки общая масса корней различных фракций диаметром до 3 мм на пасеке и волоке (пробные площади 6, 7) в верхнем 20-сантиметровом слое почвы отличается незначительно.

Масса тонких корней толщиной менее 1 мм на волоке в среднем составляет 1,98 т/га, на пасеке – 3,0 т/га. Насыщенность почвы фракцией мелких корней составляет от 25 до 65% общей массы корней на волоке. Развитие фракции тонких корней достигает 75–93% на пасеке в сосняках мшистых через 7–9 лет после проведения рубки с использованием многооперационных машин.

В ходе исследований определяли массу корней различных фракций по почвенным горизонтам (табл. 2). При анализе почвенных монолитов, отобранных через 1–2 года после проведения рубки с использованием лесозаготовительной техники (пробные площади 6, 7), выявлены небольшие различия в корненасыщенности пасеки и волока подстилки и гумусового горизонта.

Достоверны различия значений массы корней лесной подстилки на единицу площади пасеки и волока. В большинстве случаев масса корней лесной подстилки уменьшалась в 1,2–3,9 раза по сравнению с пасекой и контролем.

По результатам исследований Карпечко А. Ю., разреживание полога над технологическим коридором сопровождается микроклиматическими изменениями, что может приводить к миграции корней в нижележащие почвенные горизонты [5].

Таблица 2  
Изменение массы корней верхних горизонтов  
почвы после рубок ухода

ПП	Давность рубки, лет	Горизонт	Масса корней диаметром до 3 мм, т/га	
			Коридор	Пасека
1	7	A <sub>0</sub>	0,40 ± 0,01	0,73 ± 0,02
		A <sub>1</sub>	0,79 ± 0,03	0,8 ± 0,02
	9	A <sub>0</sub>	0,41 ± 0,02	3,20 ± 0,15
		A <sub>1</sub>	1,73 ± 0,03	2,41 ± 0,1
2	7	A <sub>0</sub>	1,77 ± 0,07	3 ± 0,11
		A <sub>1</sub>	2,67 ± 0,13	3,45 ± 0,17
	8	A <sub>0</sub>	2,02 ± 0,1	1,66 ± 0,1
		A <sub>1</sub>	6,04 ± 0,1	9,37 ± 0,26
3	6	A <sub>0</sub>	1,14 ± 0,05	1,99 ± 0,08
		A <sub>1</sub>	2,72 ± 0,26	2,16 ± 0,11
	8	A <sub>0</sub>	1,78 ± 0,05	2,31 ± 0,11
		A <sub>1</sub>	2,51 ± 0,12	4,53 ± 0,23
4	4	A <sub>0</sub>	0,32 ± 0,02	0,69 ± 0,04
		A <sub>1</sub>	1,96 ± 0,1	1,27 ± 0,06
	6	A <sub>0</sub>	1,28 ± 0,06	1,51 ± 0,08
		A <sub>1</sub>	2,49 ± 0,16	3,89 ± 0,22
5	2	A <sub>0</sub>	0,56 ± 0,03	3,56 ± 0,17
		A <sub>1</sub>	4,25 ± 0,21	1,63 ± 0,1
	4	A <sub>0</sub>	1,58 ± 0,08	1,93 ± 0,1
		A <sub>1</sub>	3,24 ± 0,2	5,2 ± 0,26
6	2	A <sub>0</sub>	0,9 ± 0,05	1,26 ± 0,06
		A <sub>1</sub>	2,47 ± 0,12	2,10 ± 0,11
	3	A <sub>0</sub>	1,35 ± 0,07	1,85 ± 0,09
		A <sub>1</sub>	3,81 ± 0,2	2,89 ± 0,14
7	1	A <sub>0</sub>	0,66 ± 0,03	0,77 ± 0,04
		A <sub>1</sub>	3,01 ± 0,15	2,64 ± 0,13
	2	A <sub>0</sub>	1,35 ± 0,06	1,19 ± 0,05
		A <sub>1</sub>	2,58 ± 0,12	2,44 ± 0,12
8	Контроль	A <sub>0</sub>	0,71 ± 0,04	
		A <sub>1</sub>	0,79 ± 0,04	
	Контроль	A <sub>0</sub>	1,3 ± 0,06	
		A <sub>1</sub>	2,9 ± 0,15	

Массовая доля корней диаметром до 3 мм в гумусовом горизонте составляет 31–82% от общей массы корней исследуемых фракций во всех точках отбора (пасека, коридор, контроль).

**Заключение.** Изменение плотности и твердости почвы после проведения рубок ухода с использованием харвестеров и форвардеров

влияет на массу корней различных фракций на волокнах и пасаках в зависимости от давности рубки и давления, оказываемого машинами на почву. Величина сухой массы тонких и более крупных корней в пасаке в большинстве случаев превышает их массу на волокне. Общая

масса фракций корней толщиной до 3 мм в 1,1–3,3 раза больше в пасаке, чем на волокне.

Изменение корненаасыщенности верхних горизонтов почвы в наименьшей мере происходит при проведении рубок ухода в зимний период с характерными для этой поры морозами.

### Список литературы

1. Банева Н. А. Влияние проходных рубок на массу корней деревьев в почве волоков // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. 1990. С. 38–40.
2. Вестерлюнд И. Механические повреждения корней и почвы // Лесное хозяйство. 1988. № 6. С. 55–56.
3. Ермичев В. А., Лобанов В. Н., Кривченкова Г. Н., Артемов А. В. Прогнозирование осадки и плотности лесной почвы после прохода гусеничных машин // Лесной журнал. 2006. № 2. С. 49–52.
4. Кайрюкшис Л., Шакунас З. Воздействие лесных машин на почву // Лесное хозяйство. 1990. № 8. С. 37–40.
5. Карпечко А. Ю. Изменение плотности и корненаасыщенности почв под влиянием лесозаготовительной техники в еловых лесах Южной Карелии // Лесоведение. 2008. № 5. С. 66–70.
6. Климчик Г. Я., Симанович В. А., Бахур О. В. Трансформация почв сосняков в связи с использованием различных машин и механизмов // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2008. Вып. XVI. С. 160–163.
7. Федоренчик А. С. Экологические особенности проектирования и использования лесной техники // Актуальные вопросы стратегии развития лесного хозяйства Беларуси: материалы Респ. науч.-практ. семинара; пос. Ждановичи, Минский р-н, 10 апр. 2012 г. / М-во лес. хоз-ва Респ. Беларусь, Респ. центр повышения квалификации рук. работников и специалистов лес. хоз-ва. Минск: В.И.З.А. ГРУПП, 2012. С. 79–87.
8. Федоренчик А. С., Протас П. А. Повреждение корней деревьев движителями лесозаготовительных машин при проведении несплошных рубок леса // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2005. Вып. XIII. С. 26–27.
9. Побединский А. В. Лесоводственно-экологическая оценка влияния лесозаготовительной техники на почвенно-растительный покров // Лесное хозяйство. 1995. № 3. С. 30–33.
10. Климчик Г. Я., Соколовский И. В. Трансформация и восстановление почвы сосняков, пройденных рубками // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2007. Вып. XV. С. 108–112.
11. Орлов А. Я., Кошельков С. П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1971. 323 с.
12. Рахтеенко И. Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск: Издательство АН БССР, 1963. 253 с.
13. Банева Н. А. Восстановление массы корней ели после рубок ухода // Лесоведение. 1986. № 3. С. 62–66.
14. Рахтеенко И. Н., Якушев Б. И. Комплексный метод исследования корневых систем растений // Ботаника (исследования). Вып. XII. Минск, 1970. С. 108–116.
15. Колесников В. А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1971. 152 с.
16. Красильников П. К. Методика полевого изучения подземных частей растений (с учетом специфики ресурсоведческих исследований). Л.: Наука, 1983. 208 с.
17. Усольцев В. А., Залесов С. В. Методы определения биологической продуктивности насаждений. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. 147 с.
18. Шлапак В. П. Фитомасса корней в культурах сосны в свежих суборях и дубравах // Лесной журнал. 2007. № 6. С. 49–53.
19. Домасевич А. А. Закономерности пространственного распределения корневых систем древесных растений в лесных культурах, на бывших сельскохозяйственных землях, созданных при различных способах обработки почвы // Труды БГТУ. 2012. № 1 (148): Лесное хоз-во. С. 165–167.

### References

1. Baneva N. A. The effect of thinning on the root mass of trees in the soil of the corridors. *Lesovodstvo, lesnye kul'tury i pochvovedenie* [Forestry, forest cultures and soil science], 1990, pp. 38–40 (In Russian).
2. Vesterlyund I. Mechanical damage to roots and soil. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1988, no. 6, pp. 55–56 (In Russian).

3. Ermichev V. A., Lobanov V. N., Krivchenkova G. N., Artemov A. V. Forecasting the draft and density of forest soil after the passage of tracked machines. *Lesnoy zhurnal* [Forest journal], 2006, no. 2, pp. 49–52 (In Russian).
4. Kayryukshtis L., Shakunas Z. Impact of forestry machines on the soil. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1990, no. 8, pp. 37–40 (In Russian).
5. Karpechko A. Yu. Changes in density and root mass in soils under the influence of harvesting machines in spruce forest of southern Karelia. *Lesovedenie* [Forest science], 2008, no. 5, pp. 66–70 (In Russian).
6. Klimchik G. Ya., Simanovich V. A., Bakhur O. V. Transformation of soils of pine due of using of various logging technical equipment and mechanisms. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2008, issue XVI, pp. 160–163 (In Russian).
7. Fedorenchik A. S. Ecological features of the design and use of forest machinery. *Aktual'nye voprosy strategii razvitiya lesnogo khozyaystva Belarusi: materialy Resp. nauch.-prakt. seminara* [Topical issues of forestry development strategy of Belarus: materials of Republic scientific and practical workshop]. Minsk, 2012, pp. 79–87 (In Russian).
8. Fedorenchik A. S., Protas P. A. Damage rate of the tree roots by forestry machines when carrying out incomplete felling. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2005, issue XIII, pp. 26–27 (In Russian).
9. Pobedinskiy A. V. Forestry-ecological assessment of the impact of forestry equipment on soil and living ground cover. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1995, no. 3, pp. 30–33 (In Russian).
10. Klimchik G. Ya., Sokolovskiy I. V. Transformation and restoration of soils of pine after cuttings. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2007, issue XV, pp. 108–112 (In Russian).
11. Orlov A. Ya., Koshel'kov S. P. *Pochvennaya ekologiya sosny* [Soil ecology of pine]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 323 p.
12. Rahtenko I. N. *Rost i vzaimodeystvie korneykh sistem drevesnykh rasteniy* [Growth and interaction of the root systems of woody plants]. Minsk, AN BSSR Publ., 1963. 253 p.
13. Baneva N. A. Recovery of root mass of spruce after thinning. *Lesovedenie* [Forest science], 1986, no. 3, pp. 62–66 (In Russian).
14. Rakhtenko I. N., Yakushev B. I. Complex method of research of root systems of plants. *Botanika (issledovaniya)* [Botany (research)], issue 12, Minsk, 1970, pp. 108–116 (In Russian).
15. Kolesnikov V. A. *Metody izucheniya kornevoy sistemy drevesnykh rasteniy* [Methods for studying the root system of woody plants]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 152 p.
16. Krasil'nikov P. K. *Metodika polevogo izucheniya podzemnykh chastey rasteniy (s uchetom spetsifiki resursovedcheskikh issledovaniy)*. [The technique of field study of underground plant parts (specific to resource research)]. Leningrad, Nauka Publ., 1983. 208 p.
17. Usol'tsev V. A., Zalesov S. V. *Metody opredeleniya biologicheskoy produktivnosti nasazhdeniy* [Methods for determining biological productivity of planting]. Ekaterinburg, Ural. gos. lesotekhn. un-t Publ., 2005. 147 p.
18. Shlapak V. P. Roots phytomass in pine cultures in new subors and oak forests. *Lesnoy zhurnal* [Forest journal], 2007, no. 6, pp. 49–53 (In Russian).
19. Domasevich A. A. Regularities of spatial distribution of the root systems of woody plants in forest cultures, on former agricultural lands created by various methods of soil cultivation. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 1 (148): Forestry, pp. 165–167 (In Russian).

#### Информация об авторах

**Левковская Марина Викторовна** – старший преподаватель кафедры ботаники и экологии. Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина (224016, г. Брест, б-р Космонавтов, 21, Республика Беларусь). E-mail: lemarivik@mail.ru

**Сарнацкий Владимир Валентинович** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь). E-mail: sarnatskiy1@tut.by

#### Information about the authors

**Levkovskaya Marina Victorovna** – Senior Lecturer, the Department of Botany and Ecology. Brest State A. S. Pushkin University (21, Kosmonavtov blvd, 224016, Brest, Republic of Belarus). E-mail: lemarivik@mail.ru

**Sarnatsky Vladimir Valentinovich** – DSc (Biology), Chief Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sarnatskiy1@tut.by

*Поступила 02.04.2020*