

УДК [630\*:632.184](045)

**ЗАРУБИНА Лилия Валерьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства Вологодской государственной молочно-хозяйственной академии имени Н.В. Верещагина. Автор 36 научных публикаций, в т. ч. трех монографий

**КОНОВАЛОВ Валерий Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоологии и экологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 135 научных публикаций, в т. ч. 4 монографий

**ФЕКЛИСТОВ Павел Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, общей экологии и природопользования института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 238 научных публикаций, в т. ч. 8 монографий

**КЛЕВЦОВ Денис Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, общей экологии и природопользования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 20 научных публикаций, в т. ч. одной монографии

**КОПЫТКОВ Владимир Васильевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий сектором биорегуляции выращивания лесопосадочного материала Института леса Национальной академии наук Беларуси. Автор 350 научных публикаций, в т. ч. трех монографий, 27 патентов

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ НА ВЫРУБКАХ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА**

Проведены исследования влияния лесозаготовительной техники на жизнеспособность оставляемых на доращивание тонкомерных деревьев и подроста ели, а также стволовых гнилей на физиологическое состояние сосны, ели и лиственницы. Выявлено, что при использовании при рубке леса многооперационной техники оставляемым на доращивание деревьям наносятся механические повреждения различного характера. Травмы серьезно ухудшают жизнедеятельность дерева: снижается интенсивность фотосинтеза и содержание пигментов, нарушается водный режим и нормальная работа корневой системы, усиливается непродуктивное дыхание. Наибольший физиологический ущерб дереву наносят обдиры коры на стволах и корнях. Пропил ствола на глубину половины диаметра приводит к гибели дерева на второй год. Механические травмы нарушают ростовые процессы дерева. У крупного подростка и тонкомерных деревьев ели на открытой вырубке при обдире коры на стволиках ширина годичного слоя древесины на второй год в зоне травмы снижена на 40 %, над травмой – на 17 %. Интенсивный свет усиливает негативное действие травмы и приводит к гибели дерева. Через два года 67 % травмированных деревьев на открытых вырубках усыхают и отпадают. На объектах выборочных рубок, где есть притенение, через 4 года все деревья с обдиром коры сохранили жизнеспособность и имели высокую физиологическую активность. При равной величине

нанесенной травмы «северные» популяции ели снижают интенсивность фотосинтеза на 38 %, «южные», где напряженность климатических факторов более высокая, – на 64 %. Стволовые гнили, поднимающиеся от пня, у сосны, ели и лиственницы нарушают нормальный ход физиологических и ростовых процессов. У пораженных гнилью деревьев сосны за последние 10 лет годичный слой древесины оказался на 16 % уже, чем у здоровых деревьев (2,00 и 2,35 мм соответственно).

**Ключевые слова:** травмы деревьев, стволовые гнили, физиологические процессы растений.

**Введение.** Результаты наших обследований состояния оставляемого на дорастивание хвойного молодняка на вырубках Севера показали, что во время валки и трелевки деревьев хвойному подросту и тонкомерным деревьям ели лесозаготовительной техникой наносятся механические повреждения различной формы: в виде обдира коры на стволах и корнях, пропила стволов, слома вершинной части, повреждения корневой системы. Можно полагать, что такие травмы способны вызывать серьезные нарушения жизненного состояния молодых деревьев, а на открытых вырубках – их преждевременную гибель в результате отрицательного действия высокой не лимитированной освещенности.

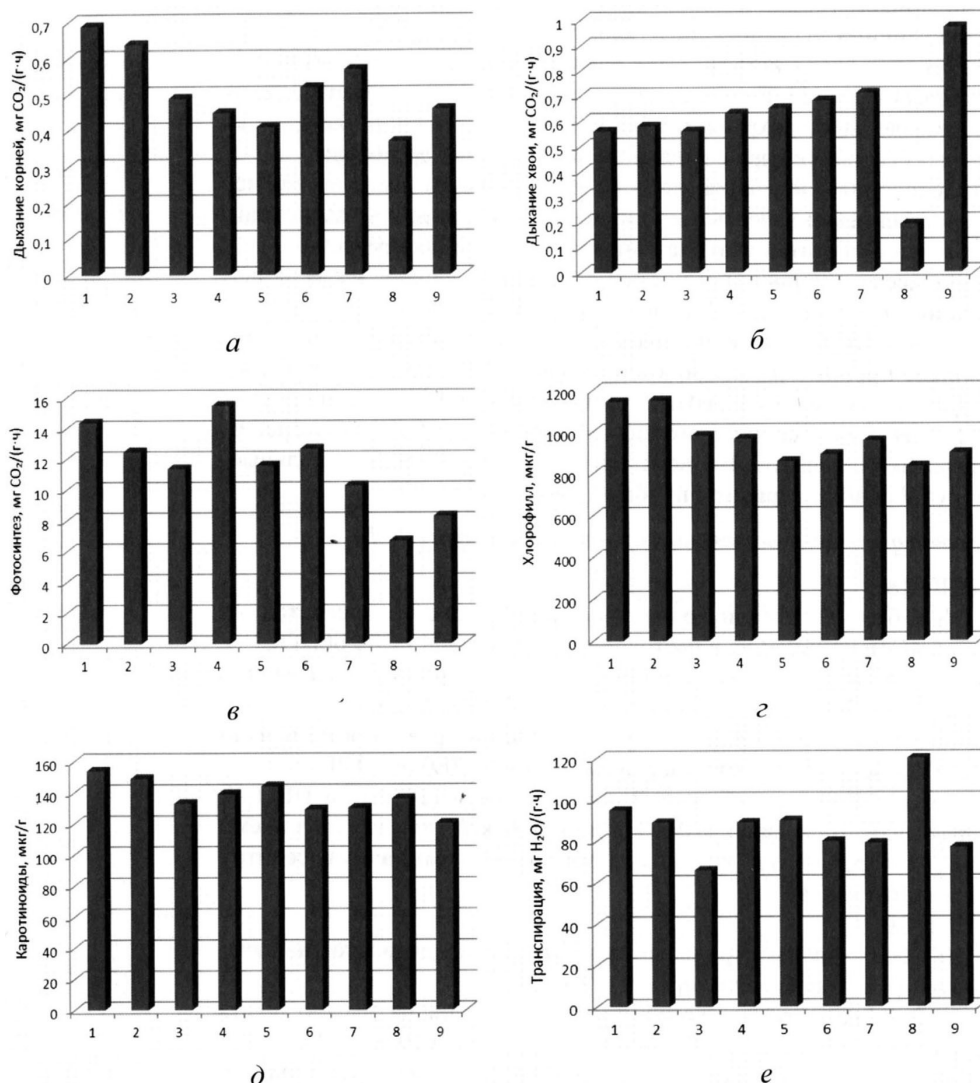
Цель исследований – изучить влияние механических повреждений и стволовых гнилей на физиологическое состояние хвойных деревьев.

**Материалы и методы.** В основу методики изучения фотосинтеза положен радиометрический метод [1, 2]; содержание пигментов изучалось спектрофотометрическим методом на СФ-46М ленинградской фирмы «Локомо» [3], интенсивность дыхания хвои и корней – методом Бойсен-Йенсена [4], интенсивность транспирации – методом двухкратного быстрого взвешивания [5] с применением торсионных весов ВТ-1000. Повторность 5–9-кратная для каждого варианта опытов. Физиологические исследования проводились в теплую, преимущественно солнечную погоду. Дыхание корней и хвои определялось в основном при пасмурной погоде. При изучении влияния механических повреждений объектом служили тонкомерные деревья и подрост ели, при изучении влияния стволовых гнилей – спелые деревья сосны, ели и лиственницы.

Влияние механических повреждений, наносимых деревьям лесозаготовительной техникой, нами изучалось в среднетаежной зоне на двухлетних сплошной и равномерно-постепенной вырубках из-под 56-летнего березняка черничного. Разработка лесосек проводилась с использованием многооперационных машин зарубежного и отечественного производства («Локомо-990» и «Локомо-910») с гусеничным приводом колесных пар. Основным требованием к лесозаготовителю было обязательное максимальное сохранение подроста и тонкомерных деревьев хвойных пород с минимальным повреждением их. В опыте использованы деревья без гнили.

**Результаты и обсуждение.** Результаты обследования вырубков из-под березняков черничных показали, что количество поврежденного при лесозаготовке тонкомера и хвойного подроста составляет от 8 до 47 % от сохранившегося после рубки. Наибольшее число поврежденных растений обнаружено на сплошных лесосеках, разработанных с применением гусеничной техники. При использовании канадских машин «Кёринг» («Тимберджек-618» и «Тимберджек-480В») количество поврежденного тонкомера и подроста было минимальным и, как правило, не превышало 8–12 %. Средняя повреждаемость молодой ели отмечена на лесосеках, разработанных многооперационными машинами («Локомо-990» и «Локомо-910»). Результаты исследований влияния механических повреждений на физиологические процессы ели показаны на *рисунке*.

Видно, что на механические повреждения деревья реагируют прежде всего снижением дыхательной активности корней. Выявлено, что у молодой ели особенно существенно



**Рис. 1.** Влияние механических травм на жизнедеятельность ели: 1 – контроль, 2 – наклон ствола не более 10°, 3 – пригибание стволика к земле, 4 – облом вершинки стволика, 5 – наезд гусеницы трактора на корни, 6 – обдир коры на корнях, 7 – обдир коры на стволике до высоты до 2 м, 8 – пропил ствола на глубину 1/3-1/2 диаметра, 9 – наклон ствола с обдиром коры на корнях

(на 41–47 %) дыхание корней уменьшается при наезде на корни гусеничного трактора, сопровождающемся частичным сминанием и обдиром коры на них, а также в результате пропила стволика на глубину до половины его диаметра. До-

стоверность различий средних значений здесь достаточно высокая –  $t_{\text{факт}} = 11,6-12,3$ . Простое пригибание стволика к земле с отклонением его от вертикали не более чем на 10° в результате трелевки спиленного дерева уже ведет

к нарушению нормального функционирования корневой системы.

Простые обдиры коры на корнях во время трелевки деревьев молодая ель переносит менее болезненно по сравнению с наездом на них гусеницы трелевочного трактора. При такой травме дыхание корней снижается на 24,6 % ( $t_{\text{факт}} = 6,2$ ). Обдиры коры на корнях с придавливанием стволика к земле снижают энергетическое состояние корневой системы ели на 33 % по сравнению со здоровыми деревьями, а при обдирах коры на стволиках – на 17 %.

Можно полагать, что отмечаемая у травмированных растений слабая работа корней могла явиться результатом недопоставки в корни пластических веществ в результате нарушения фотосинтеза и проводящих путей ксилемы, а также нарушения нисходящего тока ассимилятов, при котором листья часто бывают перегружены крахмалом и другими продуктами ассимиляции, тогда как содержание их в других частях растения, в частности в зонах потребления – корнях, камбиальной зоне – часто бывает пониженным, не обеспечивающим их нормальную работу. Такой вывод находит подтверждение и при других экологических работах, когда недостаточное снабжение корней ассимилятами в результате переувлажнения почвы либо внесения в почву повышенных концентраций удобрений при механических травмах у деревьев и подроста ели и сосны вело к нарушению нормальной работы корневой системы, снижению фотосинтеза, ухудшению ростовых процессов [6–10].

Результаты исследований показали, что механические повреждения на стволиках и корнях молодой ели приводят к усилению дыхательного процесса, непроизводительной трате пластических веществ на дыхание поддержания (рис. 1б). Особенно существенно (на 73 %) дыхание хвои усиливается при обдирах коры на корнях с одновременным придавливанием стволика к земле. Пропил стволика до половины его диаметра наряду с нарушением нормальной работы корней вызывает резкое падение интенсивности дыхания хвои, она составляет менее

50 % показателя здоровых растений. При наезде трелевочного трактора на корни дыхание их снижается, но при этом также значительно возрастает дыхание хвои (различия существенны и достоверны на уровне 0,99 при  $t_{\text{факт}} = 11,6$  и 6,0 соответственно). Можно полагать, что в данном случае усиление дыхания могло быть вызвано необходимостью выработки деревом дополнительной энергии и передачи ее в корни для поддержания в активном состоянии их синтетических процессов. Активизация непродуктивного дыхания, естественно, приводит к усиленному расходу пластических веществ, идущих на выработку дополнительной энергии, что вызывает обеднение дерева энергетическими продуктами и его гибель.

При простом отклонении стволика от вертикали (до  $10^\circ$ ) дыхание хвои у травмированного растения практически не меняется. Такая травма существенного влияния не оказывает также и на дыхательный метаболизм в корнях.

Наибольшее снижение интенсивности фотосинтеза у дерева вызывают обдиры коры на стволиках и корнях. Но особенно ярко негативное действие травмы на фотосинтез проявляется при пропилах стволика на глубину до половины его диаметра: интенсивность фотосинтеза у молодой ели снижается в два раза по сравнению со здоровыми деревьями. При обдирах коры на стволиках до высоты до 1,2–1,5 м фотосинтез у данной породы становится почти на 40 % слабее (рис. 1в).

Нарушение фотосинтеза у травмированных растений могло явиться следствием нарушения нисходящего тока ассимилятов, в результате которого листья остаются перегруженными крахмалом и другими продуктами ассимиляции, препятствующими нормальной работе ассимиляционного аппарата.

Обдиры коры на корнях на второй день снижают интенсивность фотосинтеза на 12 %, а через месяц после получения такой травмы фотосинтез большого дерева падает на 19–23 % ( $t_{\text{факт}} = 4,2$ ). При менее значимых травмах (при наклоне стволика) ассимиляция  $\text{CO}_2$  также снижается, но менее существенно (до 19 %),

чем при перечисленных выше травмах. Облом вершины стволика в первый год у сохранивших жизнеспособность побегов даже незначительно (на 9 %) усиливает фотосинтез, однако на второй год деревья с такой травмой погибают.

Наши исследования показали, что при равной величине нанесенной травмы (при обдирах коры на стволиках) «северные» популяции ели снижают интенсивность фотосинтеза на 38 %, а «южные» популяции, где напряженность климатических факторов в летний период существенно выше, – на 64 %.

Самое большое негативное действие на синтез пигментов оказывают пропил стволика на глубину до половины его диаметра и повреждение корневой системы при наезде на них трактора (рис. 1г, 1д). При таких травмах содержание хлорофилла у ели снижается на 22–27 % ( $t_{\text{факт}} = 18,2\text{--}19,2$ ). Содержание каротиноидных пигментов наиболее существенно (на 16–22 %) снижается при придавливании стволика к земле с одновременным обдиrom коры на его корнях, а также только при обдирах коры на корнях (рис. 1д).

Простое отклонение стволика от вертикали до  $10^\circ$  на синтез пигментов травмированного растения практически не влияло. Снижение пигментов у дерева с такой травмой не превышало 5 % от их содержания у здорового дерева. Установлено, что наибольший вред механические травмы наносят системам, синтезирующим зеленые пигменты, а среди них – системе, контролирующей синтез хлорофилла а.

Несмотря на то, что травмирование дерева сопровождается снижением у него интенсивности фотосинтеза и содержания пигментов, фотохимическая активность хлорофилла у травмированных растений меняется мало. У деревьев с механическими травмами во время фотосинтеза 1 мг хлорофилла усваивается примерно такое же количество атмосферной углекислоты, как и у здоровых растений (от 8,0 до 10,7 мг  $\text{CO}_2/(\text{г}\cdot\text{ч})$ ).

Все механические травмы у ели сопровождаются нарушениями водного режима в разной степени, которые зависят от характе-

ра нанесенной травмы (рис. 1е). Самая низкая транспирация (66 мг  $\text{H}_2\text{O}/(\text{г}\cdot\text{ч})$ ) выявлена у деревьев, придавленных хлыстами к земле. Снижение транспирации у растений обусловлено нарушением подачи в крону воды от корневой системы из-за ее повреждения.

Неоправданно высокую потерю влаги (120 мг  $\text{H}_2\text{O}/(\text{г}\cdot\text{ч})$ ) в процессе транспирации травмированные растения испытывают при пропилах стволика на глубину до половины его диаметра. Вероятно, такая травма сопровождается нарушением водопроводящей системы ксилемы, снижением водоудерживающей силы клеток и потерей тургора. Через два-три года деревья с такими травмами увядают, а затем отмирают.

Известно, что отрицательные последствия повреждения у растительного вида протекают тем интенсивнее, чем активнее метаболизм его клеток. В наших опытах при одностороннем ошкуривании ствола до высоты 1,5 м интенсивность фотосинтеза снижалась: у тонкомерных деревьев – на 27–32 %, у крупного подростка – почти в два раза.

Опыты показали, что при увеличении освещенности негативное действие травмы на состояние дерева еще больше усиливается. Если на однолетней из-под березняка черничного лесосеке с выборочной рубкой (интенсивность рубки 52 %) содержание зеленых пигментов у травмированной ели по отношению к контролю снижалось на 31 %, каротиноидов – на 13 %, то на сплошной вырубке – на 71 и 54 % соответственно. Аналогичная закономерность усиления реализации повреждения с напряжением климатических факторов отмечалась у ели и в отношении других физиологических процессов.

На открытых вырубках усиливается также поражение молодой ели стволовыми гнилями. Проведенные исследования распространения стволовой гнили среди елового подростка в березняках южной тайги показали, что молодняки ели на сплошных вырубках поражаются гнилью больше, чем молодняки в березняках, прикрытых верхним пологом березы. Первые

признаки гниения елового подроста в березняках наблюдаются уже в возрасте 21 года. В стадии жердняка количество деревьев, пораженных гнилью, достигает 50 %. На открытых вырубках этот процесс у ели раньше начинается и значительно ускоряется. Доля подроста, пораженного комлевой и стволовой гнилью в стадии молодняка, на вырубках составляет 22 %, в березняках – не более 11 %. Средний объем распространения гнили в одном дереве на вырубке в два раза больше, чем в лесу [11].

У растений черники и брусники через 10 дней после наезда на них гусеничного трактора содержание пигментов по сравнению со здоровыми растениями снизилось на 10 %, а интенсивность фотосинтеза уменьшилась на 8 % [6].

Исследования показали, что все выявленные физиологические нарушения у травмированных растений сопровождаются анатомо-морфологическими нарушениями и существенным снижением их прироста, а на открытых вырубках во многих случаях усыханием и гибелью. Как показали результаты учета, на второй год 67 % травмированного подроста и тонкомерных деревьев на открытой вырубке погибло. У сохранившихся жизнеспособность растений наблюдалось интенсивное изреживание кроны и усыхание побегов. Интенсивность физиологических процессов у них в данный период не превышала 36–70 % от показателей здоровых растений ( $t_{\text{факт}} = 3,5\text{--}33,7$ ). Лишь слегка наклоненные молодые деревья функционировали с такой же активностью, как и здоровые, что указывало на отсутствие у них существенных нарушений во внутренней анатомо-физиологической структуре.

Нарушение физиологической деятельности травмированных растений привело также к ухудшению работы камбия. Анализ роста в толщину показал, что на открытых вырубках у крупного подроста и тонкомера ели при обдире коры на стволах ширина годичного слоя на второй год в зоне травмы снижается почти на 40 % по сравнению со здоровыми растениями (1,0 и 1,4 мм соответственно), над травмой – на 17 % [6].

В березовых насаждениях с выборочными рубками (45–50 %), в которых имелась защита молодого хвойного поколения ели от прямых солнечных лучей в виде верхнего оттеняющего березового полога, во время инвентаризации у оставленной на дорастивание хвойной части насаждения нами среди молодой ели с ошмыгами стволиков через 4 года не было отмечено гибели ни одного травмированного растения. К этому сроку большая часть травмированных растений сохранила жизнеспособность и имела достаточно высокую физиологическую активность. В основном погибли деревца с обломанной вершиной, пропиленным и надломленным стволиком. Сохранившиеся поврежденные деревца имели приросты по высоте примерно такие же, как у здоровых деревьев (до 7–9 см и более). Напротив, на соседней открытой вырубке, где была вырублена почти вся береза, значительная часть травмированного подроста и тонкомера (67 %) за этот период усохла и отпала. Уменьшение повреждаемости деревьев и увеличение процента сохраненного подроста при сортиментной технологии лесозаготовок во время проведения постепенных рубок отмечено и в литературе [12].

Из этих данных следует, что при использовании комплекса многооперационных лесозаготовительных машин и различных технологий рубки леса крайне необходимы сведения о физиологическом состоянии подроста до и после рубки, о его последующей сохранности на лесосеке. Определяя внешнее состояние дерева после рубок, вполне можно спрогнозировать его допустимую сохранность в дальнейшем на вырубке.

*Влияние стволовой гнили на состояние хвойного дерева* нами изучалось в 160-летнем сложном многокомпонентном ельнике черничном на экземплярах сосны, ели и лиственницы. Состав древостоя 6Е2С2Л+Б, полнота 0,7, средняя высота около 20 м. Подлесок представлен отдельными экземплярами можжевельника и шиповника, в понижениях – кустами рябины. Подрост представлен елью разных категорий состояния и высоты. Общее состояние насаж-

дения оценивалось как удовлетворительное с наличием отдельных упавших деревьев. Видовой состав напочвенного покрова разнообразный и представлен листостебельными мхами, различными кустарничками и травянистой растительностью.

Влияние гнили на физиологическое состояние дерева изучалось на спелых деревьях. Все исследования проводились на лесосеке во время валки, которая осуществлялась с использованием многооперационных машин канадской фирмы «Кёринг». Для опыта отбирались здоровые деревья без признаков гнили и деревья, пораженные центральной стволовой гнилью. У больных деревьев размер гнили на спиле ствола занимал от 1/3 до 1/2 диаметра. У каждой категории деревьев сразу после повала из вершинной части брались крупные ветки, из которых затем отбирались образцы побегов с хвоей. В дальнейшем они служили образцами для изучения физиологических процессов. Приведенные в *таблице* данные получены на массовом материале при 5–9-кратных повторностях для каждого варианта опыта. При определении фотосинтеза, дыхания хвои и корней все опытные образцы, взятые от больных и здоровых деревьев, одновременно помещались в общие камеры. Это позволяло избегать возможных погрешностей, которые могли возникнуть при изменении освещенности, концентрации  $^{14}\text{CO}_2$  и температуры в камере.

Результаты исследований свидетельствуют о четко выраженном отрицательном влиянии стволовой гнили на физиологическое состояние дерева. У пораженных центральной стволовой гнилью деревьев сосны, ели и лиственницы содержание хлорофилла снижается на 32–39 %, каротиноидных пигментов – на 17–20 %, интенсивность фотосинтеза падает на 20–27 %, транспирация уменьшается на 22–51 % по сравнению со здоровыми деревьями.

Средняя ширина годичного кольца у больной сосны за последние 10 лет была на 16 % меньше, чем у здорового дерева (2,00 и 2,35 мм соответственно) [6].

**Заключение.** Установлено, что нанесение механических повреждений во время заготовки и трелевки древесины причиняет дереву значительный физиологический вред, который выражается в снижении интенсивности фотосинтеза и работоспособности корней, нарушении водного режима и синтеза пигментов, усилении непродуктивного дыхания. Такие физиологические нарушения наиболее четко проявляются при пропилах ствола, обдирах коры на корнях и стволах. На открытых вырубках сильный свет в сочетании с высокой температурой усиливает негативное действие травмы, часто ведет к иссушению и гибели молодого хвойного поколения. Поэтому для успешного лесовосстановления на вырубках за счет предварительного возобновления рубки необходимо проводить в строгом соблюдении всех техно-

#### ИНТЕНСИВНОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД, ПОРАЖЕННЫХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТВОЛОВОЙ ГНИЛЬЮ

Порода	Состояние	Фотосинтез		Транспирация		Хлорофилл	
		мг $\text{CO}_2$ /(г·ч)	%	мг $\text{H}_2\text{O}$ /(г·ч)	%	мг	%
Ель	здоровая	17,8±2,0	100	173±4	100	0,64±0,04	100
	больная	14,3±0,6	80	84±5	49	0,39±0,05	61
Сосна	здоровая	31,3±2,2	100	129±6	100	0,70±0,04	100
	больная	22,9±3,0	73	100±4	78	0,48±0,03	68
Лиственница	здоровая	67,4±4,4	100	370±11	100	0,97±0,05	100
	больная	53,0±3,7	79	289±5	78	0,63±0,06	65

логических приемов, не допуская повреждения оставляемой на доращивание молодой части насаждения и ее резкого осветления. Стволовые гнили снижают физиологическое состоя-

ние и ростовые процессы хвойных деревьев. На открытых вырубках пораженность хвойных деревьев стволовыми гнилями значительно усиливается.

### Список литературы

1. Вознесенский Л.В., Заленский О.А., Семихатова О.А. Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений. М., 1965. 305 с.
2. Мокроносов А.Т. Некоторые вопросы методики применения изотопа углерода-14 для изучения фотосинтеза // *Вопр. физиологии растений и геоботаники: зап. Свердлов. всесоюз. ботан. о-ва. Свердловск, 1969. Вып. 4. С. 3–13.*
3. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С. 154–169.*
4. Вальтер О.А., Пиневиц Л.М., Варасова Н.Н. Практикум по физиологии растений с основами биохимии. М.; Л., 1957. 341 с.
5. Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // *Ботан. журн. 1950. Т. 35, вып. 2. С. 171–185.*
6. Коновалов В.Н., Ермолаевская Г.Н. Физиология травмированного подростка ели и его роль в формировании будущих древостоев // *Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1991 год. Архангельск, 1992. С. 57–59.*
7. Коновалов В.Н., Зарубина Л.В. Эколого-физиологические особенности хвойных на удобренных почвах. Архангельск, 2011. 338 с.
8. Коновалов В.Н., Зарубина Л.В. Влияние дозы азота при подкормках на отток  $^{14}\text{C}$ -ассимилятов у сосны в сосняках лишайниковых // *Лесн. журн. 2012. № 1. С. 7–13.*
9. Веретенников А.В., Кузьмин Ю.И. Транспорт, распределение и потребление  $^{14}\text{C}$ -ассимилятов у сосны обыкновенной при различном водном режиме торфяной почвы // *Лесоведение. 1977. № 3. С. 34–41.*
10. Зарубина Л.В., Коновалов В.Н. Эколого-физиологические особенности ели в березняках черничных. Архангельск, 2014. 378 с.
11. Никитин А.П. Распространение стволовой гнили среди елового подростка в березняках южной тайги // *Стационарные лесозоологические исследования: методы, итоги, перспективы: материалы и тез. докл. междунар. конф. Сыктывкар, 15–16 сентября 2003 г. Сыктывкар, 2003. С. 101–102.*
12. Беляева Н.В., Грязькин А.В., Гуталь М., Калининский П.М. Влияние технологии несплошных рубок и состава материнского древостоя на успешность возобновления ели // *Лесн. журн. 2013. № 3. С. 39–46.*

### References

1. Voznesenskiy L.V., Zalenskiy O.A., Semikhatova O.A. *Metody issledovaniya fotosinteza i dykhaniya rasteniy* [Methods of Study of Photosynthesis and Respiration of Plants]. Moscow, 1965. 305 p.
2. Mokronosov A.T. Nekotorye voprosy metodiki primeneniya izotopa ugleroda-14 dlya izucheniya fotosinteza [Some Questions of Carbon 14 Application Methods to Study Photosynthesis]. *Zap. Sverdl. vsesoyuz. bot. obshchestva*, 1969, no. 4, pp. 3–13.
3. Shlyk A.A. Opredelenie khlorofilla i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh list'ev [Determination of Chlorophyll and Carotenoids in Green Leaves Extracts]. *Biokhimicheskie metody v fiziol. rasteniy* [Biochemical Methods in Plant Physiol.]. Moscow, 1971, pp. 154–169.
4. Walter O.A., Pinevich L.M., Varasova N.N. *Praktikum po fiziologii rasteniy s osnovami biokhimii* [Practical Course of Plant Physiology with Accidence of Biochemistry]. Moscow; Leningrad, 1957. 341 p.
5. Ivanov L.A., Silina A.A., Tselniker Yu.L. O metode bystrogo vzheshivaniya dlya opredeleniya transpiratsii v estestvennykh usloviyakh [About the Rapid Weighting Method for Determining the Transpiration Under Natural Conditions]. *Bot. zhurnal*, 1950, vol. 35, no. 2, pp. 171–185.



6. Konovalov V.N., Ermolaevskaya G.N. Fiziologiya travmirovannogo podrosta eli i ego rol' v formirovanii budushchikh drevostoev [Physiology of Felling Damaged Young Growth of Spruce Tree and Its Role in the Formation of Crops]. *Materialy otchetnoy sessii po itogam NIR za 1991 god* [Proc. Report. Sess. Results of R&D in 1991]. Arkhangelsk, 1992, pp. 57–59.

7. Konovalov V.N., Zarubina L.V. *Ekologo-fiziologicheskie osobennosti khvoynykh na udobrennykh pochvakh* [Ecological and Physiological Features of Conifers at the Fertilized Soils]. Arkhangelsk, 2011. 338 p.

8. Konovalov V.N., Zarubina L.V. Vliyaniye dozy azota pri podkormkakh na ottok 14S-assimilyatov u sosny v sosnyakakh lishaynikovyykh [Impact of Nitrogen Dose on the 14C-Assimilates Outflow in Pine Trees at the Lichen Pine Forests]. *Lesn. zhurn.*, 2012, no. 1, pp. 7–13.

9. Veretennikov A.V., Kuz'min Yu.I. Transport, raspredeleniye i potrebleniye 14S-assimilyatov u sosny obyknovennoy pri razlichnom vodnom rezhime torfyanoy pochvy [Transport, Distribution and Consumption of 14C-Assimilates in Scots Pine Trees under Different Water Regime of Peat Soil]. *Lesovedeniye*, 1977, no. 3, pp. 34–41.

10. Zarubina L.V., Konovalov V.N. *Ekologo-fiziologicheskie osobennosti eli v bereznyakakh chernichnykh* [Ecological and Physiological Features of Spruce Trees at the Blueberry Birch Forests]. Arkhangelsk, 2014. 378 p.

11. Nikitin A.P. Rasprostraneniye stvolovoy gnili sredi elovogo podrosta v bereznyakakh yuzhnoy taygi [Spread of Stem Rot in the Spruce Undergrowth in the Birch Forests of the Southern Taiga]. *Statsionarnyye lesoekologicheskie issledovaniya: metody, itogi, perspektivy: materialy i tez. dokl. mezhdunar. konf. Syktyvkar, 15–16 sentyabrya 2003 g.* [Stationary Forest and Ecological Research: Methods, Results and Prospects: Proc. and Abs. of Intern. Conf. Rep. Syktyvkar, 15–16 September 2003]. Syktyvkar, 2003, pp. 101–102.

12. Belyaeva N.V., Gryaz'kin A.V., Gutal' M., Kalininskiy P.M. Vliyaniye tekhnologii nesploshnykh rubok i sostava materinskogo drevostoya na uspeshnost' vuzobnovleniya eli [Impact of Selective Cutting Technology and Composition of the Parent Stands on the Effectiveness of Spruce Forests Regeneration]. *Lesn. zhurn.*, 2013, no. 3, pp. 39–46.

**Zarubina Liliya Valer'evna**

Vologda State Dairy Farming Academy  
by N.V. Vereshchagin (Vologda, Russia)

**Konovalov Valeriy Nikolaevich**

Northern (Arctic) Federal University  
named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

**Feklistov Pavel Aleksandrovich**

Northern (Arctic) Federal University  
named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

**Klevtsov Denis Nikolaevich**

Northern (Arctic) Federal University  
named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

**Kopytkov Vladimir Vasil'evich**

Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (Gomel, Belarus)

## CONIFERS STAND CONDITION ASSESSMENT IN THE FELLINGS IN A CLIMATE OF THE EUROPEAN NORTH

The paper investigates the effect of logging equipment left on the viability of growing lighter trees and young growth of spruce, as well as stem rot on the physiological state of pine, spruce and larch trees. It is found out that the use of multifunction logging machines damages the young growth. Damages seriously degrade the viability of a tree: photosynthetic rate and pigment content are reduced, water status and normal operation of the root system are broken, unproductive respiration is enhanced. Mechanical trunks and roots bark damage are the greatest physiological tree damage. The kerf of a half of a stem diameter at a depth causes death of a tree in the second year. Mechanical damages do violence to the trees growth processes. The annual ring width of large and lighter spruce trees undergrowth at the open

fellings after the mechanical bark damage in the second year in the place of damage is reduced by 40 %, over the place of damage is reduced by 17 %. Harsh glare enhances the negative damage effects and causes death of a tree. Two years later 67 % of damaged trees in the open fellings dry out. In the selective loggings with shading in 4 years all trees with mechanical bark damage have maintained the vitality and high physiological activity. With the equal type of damages the “northern” spruce populations reduce the photosynthetic rate by 38 %, “southern” populations, where the climatic factors tension is higher - by 64 %. Stem rot, rising from the stump of pine, spruce and larch trees, disturbs the normal physiological and growth processes. The annual ring width of the rot-damaged pine trees over the last 10 years became narrower by 16 % (2 mm), than that of the vigorous trees (2.35 mm).

**Keywords:** *felling damage, stem rot, plant physiological processes.*

*Контактная информация:*

Зарубина Лилия Валерьевна

*адрес:* 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2;

*e-mail:* kaf\_leshov@mail.ru,

Lilia270975@yandex.ru

Коновалов Валерий Николаевич

*адрес:* 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17;

*e-mail:* v.konovarov@narfu.ru

Феклистов Павел Александрович

*адрес:* 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17;

*e-mail:* feklisov@narfu.ru

Клевцов Денис Николаевич

*адрес:* 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17;

*e-mail:* d.klevtsov@narfu.ru

Копытков Владимир Васильевич

*адрес:* 246001, Беларусь, г. Гомель, ул. Пролетарская, д. 71;

*e-mail:* kopvo@mail.ru,

kopytcov@gmail.com

Рецензент – *Беляев В.В.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН