

DOI: 10.15393/j2.art.2026.9263

УДК 634.0.523.32

Статья

Формирование состава и структуры водоохранных лесов рубками ухода

Григорьева Ольга Ивановна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Российская Федерация), grigoreva_o@list.ru

Федоров Валерий Иннокентьевич

доктор биологических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет (Якутск, Российская Федерация), vfedorov_09@mail.ru

Григорьев Игорь Владиславович

доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет (Якутск, Российская Федерация), silver73@inbox.ru

Николаева Февронья Васильевна

кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой «Технология и оборудование лесного комплекса», Арктический государственный агротехнологический университет (Якутск, Российская Федерация), yad250673@mail.ru

Перфильев Павел Николаевич

кандидат технических наук, доцент, Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова (Архангельск, Российская Федерация), p.perfilev@narfu.ru

Должиков Илья Сергеевич

кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Российская Федерация), idolzhikov222@mail.ru

Получена: 5 декабря 2025 / Принята: 29 июня 2026 / Опубликовано: 31 августа 2026

Аннотация: Настоящая статья посвящена анализу насаждений, выполняющих водоохранную роль с точки зрения их состава и структуры. Водоохранная роль леса очень важна в защите берегов водоёмов и рек от разрушения не только в меженный период, но и особенно в половодье. Лесонасаждения замедляют скорость водных потоков, являются механической преградой волнобою, защищают припойменные

участки от разрушения, предотвращая сползание и обрушение грунта, развитие оврагов и обнажений коренных пород. Все леса имеют большое гидроклиматическое значение и являются водоохранными, независимо от того, к какой группе лесов они относятся. Поэтому важно поддерживать определённый состав, структуру насаждения для того, чтобы оно как можно лучше выполняло водоохранные функции. Натурные исследования проведены на 6 пробных площадях, с разным составом насаждений, на которых были определены основные таксационные характеристики древостоя, подроста и подлеска, с целью обоснования лесохозяйственных мероприятий, направленных на улучшение их водоохранных функций. Установлено, что для формирования оптимального состава насаждения необходимо своевременное проведение соответствующих возрасту рубок ухода за лесом.

Ключевые слова: водоохранные леса; защитные леса; рубки ухода; формирование состава насаждений; поверхностный сток

DOI: 10.15393/j2.art.2026.9263

Article

Formation of the composition and structure of water protection forests through tending felling

Olga Grigoreva

Ph. D. in agriculture, associate professor, Saint Petersburg State Forestry Engineering University named after S. M. Kirov (Saint Petersburg, Russian Federation), grigoreva_o@list.ru

Valery Fedorov

D. Sc. in biology, professor, Arctic State Agrotechnological University (Yakutsk, Russian Federation), vfedorov_09@mail.ru

Igor Grigorev

D. Sc. in engineering, professor, Arctic State Agrotechnological University (Yakutsk, Russian Federation), silver73@inbox.ru

Fevronya Nikolaeva

Ph. D. in agriculture, Head of the Department of Technology and Equipment of the Forest Complex, Arctic State Agrotechnological University (Yakutsk, Russian Federation), yad250673@mail.ru

Pavel Perfiliev

Ph. D. in engineering, associate professor, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russian Federation), p.perfilev@narfu.ru

Ilya Dolzhikov

Ph. D. in engineering, associate professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Saint Petersburg, Russian Federation), idolzhikov222@mail.ru

Received: 5 December 2025 / Accepted: 6 June 2026 / Published: 31 August 2026

Abstract: This article focuses on the analysis of stands that perform a water protection role in terms of their composition and structure. The water protection role of forests is very important in protecting the shores of reservoirs and rivers from destruction not only during the low-flow period, but also especially during high water. Stands slow down the speed of water flows, act as a mechanical barrier to breakwaters, and protect floodplain areas from destruction, preventing soil sliding and collapsing, the development of ravines and bedrock exposure. All forests are of great hydroclimatic importance and are protected

by water, regardless of which group of forests they belong to. Therefore, it is important to maintain a certain composition and structure of the stand in order for it to perform the best possible water protection functions. Field studies were conducted on four test areas with different plantings, where the main taxation characteristics of the stand and undergrowth were determined to substantiate forestry measures aimed at improving their water protection functions. It has been established that to form the optimal composition of the stand, timely age-appropriate tending felling is necessary.

Keywords: water conservation forests; protective forests; tending felling; formation of the stand composition; surface runoff

1. Введение

Лес — экологический фактор, оказывающий огромное влияние на окружающую человека природную среду. В настоящее время средообразующая роль леса становится не менее важной, чем сырьевая. Комплексное влияние леса на окружающую среду используется в защитных и водоохранных целях. Лес создаёт оптимальные условия для отдыха человека на природе. На средообразующие функции и рекреационную роль леса оказывают влияние особенности его возобновления и формирования. Так как для общества эти функции имеют разное значение, возникла необходимость разделения леса на определённые категории с целью наилучшего выполнения и своих функций.

В 1931 г. в связи с необходимостью форсированного развития лесозаготовок и освоения лесосырьевых ресурсов в многолесных районах, при сохранении и увеличении лесов в малолесных районах, леса были разделены на две зоны — лесопромышленную и лесокультурную с установлением в них различного режима пользования и ведения лесного хозяйства. В лесокультурной зоне (Центрально-Чернозёмные области, Северный Кавказ, районы нижней Волги, Украина, Средняя Азия, малолесные районы Западной Сибири) пользование лесом разрешалось в размерах, не превышающих среднего прироста (накопления запасов древесины за счёт роста древостоев), запрещалось применение концентрированных рубок, были сосредоточены основные объёмы работ по посадке и посеву леса. В лесопромышленной зоне, где имелись большие запасы спелого леса (достигшего установленного возраста рубки), создавались наиболее благоприятные условия для развития крупных промышленных лесозаготовок. На 1933—1937 гг. был принят пятилетний план защитного лесоразведения, которым предусматривалось создание 350 тыс. га защитных лесных полос, 300 тыс. га лесов для укрепления горных склонов и оврагов и 150 тыс. га лесов на не пригодных для сельского хозяйства землях. В целях дальнейшего развития и совершенствования лесного хозяйства в 1936 г. 75 млн га лесов (часть лесокультурной зоны и водоохранны-защитные леса лесопромышленной зоны) были выделены в особую категорию лесов водоохранных.

В 1943 г. все леса разделили по народнохозяйственному значению на 3 группы, в которых установили дифференцированный режим ведения лесного хозяйства и лесопользования, с учётом их многостороннего значения. Это создало условия для дальнейшего повышения уровня лесного хозяйства, улучшения организации использования и воспроизводства лесных ресурсов, с учётом основного целевого назначения лесов разных категорий.

К 1-й группе были отнесены леса особого защитного значения: государственные заповедники, почвозащитные, полезащитные и курортные леса, зелёные зоны городов и крупных населённых пунктов, а также ленточные боры в Западной Сибири и степные колки. В последующем к 1-й группе были отнесены также защитные полосы вдоль шоссе-ных и железных дорог, запретные водоохранные полосы по берегам рек, орехопромысловые зоны и климаторегулирующие притундровые леса. В лесах 1-й группы был установлен особый режим лесопользования и велись только рубки ухода и выборочные лесовосстановительные рубки. С развитием промышленности и увеличением численности городского населения

возрастали роль лесов 1-й группы и их площадь. На 1 января 1966 г. она составляла 94,7 млн га.

Ко 2-й группе были отнесены леса, имеющие, наряду с эксплуатационным, большое защитное значение. Они были расположены в малолесных районах, а также в ряде многолесных районов, где в связи с ограниченными лесосырьевыми ресурсами возникла необходимость более строгого регулирования режима лесопользования и повышения интенсивности лесного хозяйства. В этих лесах проводились большие работы по лесовосстановлению и уходу за насаждениями, повышению их продуктивности. Леса 2-й группы занимали 48,3 млн га.

К 3-й группе были отнесены леса многолесных районов, обеспечивающие основные потребности народного хозяйства в древесине. Эти леса — главная сырьевая база для развития промышленных лесозаготовок; кроме того, они играли важную роль в природном комплексе, в сохранении динамического равновесия биосферы. Леса 3-й группы занимали 517,5 млн га.

В соответствии с ныне действующим Лесным кодексом Российской Федерации леса подразделяются по целевому назначению (ст. 10): леса, расположенные на землях лесного фонда, по целевому назначению подразделяются на защитные леса, эксплуатационные леса и резервные леса. Леса, расположенные на землях иных категорий, могут быть отнесены к защитным лесам.

В соответствии с приказом Федерального агентства лесного хозяйства № 498 все ранее существовавшие леса 1-й группы в настоящее время относятся к защитным лесам в понимании действующего Лесного кодекса. Кроме того, должны быть выделены новые водоохранные зоны в соответствии со ст. 65 Водного кодекса Российской Федерации. В ст. 65 оговаривается: водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьёв, каналов, озёр, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. В границах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности. Ширина водоохранной зоны морей, рек, ручьёв, каналов, озёр, водохранилищ и ширина их прибрежной защитной полосы за пределами территорий городов и других поселений устанавливаются от соответствующей береговой линии. При наличии ливневой канализации и набережных границы прибрежных защитных полос этих водных объектов совпадают с парапетами набережных, ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается от парапета набережной.

Ширина водоохранной зоны рек или ручьёв устанавливается от их истока для рек или ручьёв протяжённостью:

- до 10 км — в размере 50 м;
- от 10 до 50 км — в размере 100 м;

- от 50 км и более — в размере 200 м.

Для реки, ручья протяжённостью менее 10 км от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере 50 м. Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 км², устанавливается в размере 50 м.

Водоохранные зоны магистральных или межхозяйственных каналов совпадают по ширине с полосами отводов таких каналов.

Ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет 30 м для обратного или нулевого уклона, 40 м для уклона до 3° и 50 м для уклона 3° и более.

Для расположенных в границах болот проточных и сточных озёр и соответствующих водотоков ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в размере 50 м.

Ширина прибрежной защитной полосы озера, водохранилища, имеющих особо ценное рыбоводное значение (места нереста, нагула, зимовки рыб и других водных биологических ресурсов), устанавливается в размере 200 м независимо от уклона прилегающих земель.

На территориях поселений при наличии ливневой канализации и набережных границы прибрежных защитных полос совпадают с парапетами набережных. Ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается от парапета набережной. При отсутствии набережной ширина водоохранной зоны, прибрежной защитной полосы измеряется от береговой линии.

В границах водоохранных зон запрещаются:

- использование сточных вод для удобрения почв;
- размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ;
- осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями и болезнями растений;
- движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и нахождения на стоянках на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твёрдое покрытие.

В границах водоохранных зон допускаются проектирование, размещение, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения и истощения вод в соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды.

В границах прибрежных защитных полос, наряду с установленными ч. 15 ст. 65 ограничениями, запрещаются:

- распашка земель;

- размещение отвалов размываемых грунтов;
- выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.

Закрепление на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос специальными информационными знаками осуществляется в соответствии с земельным законодательством.

Известно много классификаций лесов по выполнению ими защитных и водоохранных функций. Иногда выделяют водоохранны-защитные леса, считая, что водоохранные, водорегулирующие и почвозащитные функции проявляются вместе. Лес выполняет их на всей площади, а не только в границах специально выделенных категорий защитности. Однако степень проявления этих функций зависит от расположения лесных массивов, от рельефа, почвы, гидрографической сети, характера насаждений и других причин.

К защитным относятся леса, выполняющие противоэрозионные или почвозащитные функции. Эти функции леса связаны с его способностью переводить поверхностный сток во внутренний, уменьшать степень промерзания почвы, скреплять её корнями, улучшать водно-физические свойства. Лес предохраняет почву от размыва и смыва (так называемой «водной эрозии»), обвалов, переноса ветром (ветровой эрозии). Иногда выделяют пескоукрепительные, полезащитные, снегосборные категории защитных лесов. Лесные массивы защищают населённые пункты и земельные угодья от вредного влияния атмосферных факторов (ветров, температурных крайностей, снежных заносов).

К водоохранны-защитным относятся берегозащитные леса. Их иногда разделяют на пойменные, склоновые и по коренному берегу. Берегозащитные леса ослабляют эрозию берега, аккумулируют речные наносы, препятствуют заилению русла и образованию перекатов. Кроме того, они поддерживают чистоту воды и предотвращают поверхностный сток загрязнённой воды с полей.

Лес в поймах рек укрепляет выпуклый берег и аккумулирует речные наносы на вогнутом берегу. В поймах должны произрастать устойчивые к затоплению древесные породы (ивы, ошкорь, ольха серая и ольха чёрная). Пойменный лес во время половодья выполняет кольматирующую роль, т. е. является своеобразным фильтром. Для такой роли лучше всего подходит редкостойный лес с густым кустарниковым подлеском.

На склонах коренного берега и у бровки лес предотвращает оползни и осыпи, скрепляя почвы корнями, предохраняет её от эрозии. Чтобы берег не разрушался при ветре и раскачивании деревьев, насаждения должны располагаться не у самой бровки, а на некотором расстоянии от неё. Для водопоглощающих полос наиболее подходят древесные породы с глубокой корневой системой (сосна, лиственница, пихта). Ширина таких полос в зависимости от уклона местности и механического состава почвы составляет 30—300 м.

Водоохранной функцией считается способность леса сохранять или увеличивать водные ресурсы, прежде всего размер годового стока в реках благодаря инфильтрации воды. Существует мнение, что положительное влияние леса на водные ресурсы территории, их сохранение и увеличение проявляется исключительно благодаря водорегулирующей роли

леса — его регулирующему влиянию на все составляющие водного баланса. Водорегулирующая роль леса заключается в увеличении равномерности поступления воды в реки, уменьшении модуля стока (отношения максимального стока к среднегодовому) вследствие усиленного снегонакопления, затянутого снеготаяния и замедленного поверхностного стока вместо быстрого поверхностного. Равномерность стока, ослабление паводков сказываются на чистоте воды, судоходстве, рыбном хозяйстве, энергетике.

Увеличение лесистости территории приводит к увеличению водности рек. Одной из причин повышения стока в реки в более лесистом бассейне считается равномерность поступления в них воды. Нормы лесистости устанавливают с учётом водоохранной, водорегулирующей и противозрозионной функций леса. Оптимальная лесистость составляет в среднем около 50 %. Но если учитывать рельеф, водопроницаемость почвы, заболоченность бассейна и другие естественные факторы, а также экономические аспекты (уровень сельского хозяйства, деревообрабатывающие отрасли хозяйства и др.), то в лесостепи оптимальной следует считать лесистость 15—25 %, в Нечерноземье — около 50 %, в северной тайге — 80—90 %.

Выполнение лесом водоохранной и водорегулирующей функций зависит от состава древостоя. В спелых таёжных лесах лучшим образом эти функции выполняют ельники с участием сосны и берёзы, южнее — дубовые и липовые сосняки и елово-широколиственные насаждения.

Лес иногда выступает и как иссушающий фактор. Но это может иметь место лишь в южных районах, в тех случаях, когда разность валовых расходов влаги на испарение и транспирацию между лесом и полем превышает разность её поглощения почвой на этих территориях.

Большое влияние на речной сток оказывают состав и возраст древостоя и условия местопроизрастания, в первую очередь механический состав и водно-воздушный режим почвы. Максимальный сток наблюдается на суходольных участках спелых сосняков, несколько уменьшенный — в ельниках II—III классов бонитета. Наименьший сток характерен для спелых мелколиственных древостоев и, особенно, для сосняков на заболоченных и переувлажнённых площадях, а также для молодняков. Для сохранения водоохранных и водорегулирующих свойств леса нужно стремиться к равномерному распределению насаждений по группам возраста в пределах не только региона, но и отдельных бассейнов рек.

Водоохранной считают и водоочистительную роль леса. Лесной массив ползащитной полосы уменьшает концентрацию биогенных элементов, вымываемых из удобрений, очищает воду от загрязнителей, разбавляет её маломинерализованной снеговой водой из леса.

Водоохранная роль леса резко ослабляется после проведения сплошных рубок леса, особенно на больших площадях, где наблюдаются процессы заболачивания, уменьшение грунтового стока и увеличение поверхностного стока, обмеление рек, загрязнение в них воды.

Академик И. В. Тюрин указывал, что водоохранными будут все леса, оказывающие положительное влияние на хозяйственное использование водных ресурсов страны регулярным водопитанием рек, уменьшением расхода воды на разрушительный поверхностный сток и бесполезное физическое испарение [1].

М. Е. Ткаченко и соавт. водорегулирующими называли такие леса, которые, не увеличивая общего поступления воды в источники, смягчают наводнения и предотвращают заболачивание или содействуют лучшему дренажу почв [2].

По определению А. А. Молчанова, водоохранно-защитными следует считать леса, которые оказывают положительное влияние на водный режим рек почвенным питанием их водой, обеспечивают повышение продуктивности лесов и сельскохозяйственных растений на водосборном бассейне и предохраняют почвы от смывов и размывов [3].

А. А. Молчанов и другие авторы справедливо отмечают, что не запретные полосы, а все леса, расположенные в пределах водосборного бассейна, выполняют водоохранные функции, т. е. способствуют улучшению и целесообразному использованию водных ресурсов электростанциями, водным транспортом, рыбной, лесной промышленностью, сельским хозяйством и другими отраслями народного хозяйства [4—13].

По мнению В. В. Рахманова [14], все леса в бассейнах имеют водоохранное значение в широком смысле слова, проявляющееся в увеличении общей водности рек, регулировании стока с бассейна, защите почв от эрозии и создании микроклиматических условий.

По мнению М. М. Орлова [15], процент лесистости каждого водосбора следует вычислять по площади, покрытой лесом; лесные площади, не покрытые лесом, следует относить к категории пустырей и неудобных пространств; площади болот и вод должны учитываться отдельно. Сопоставление процента лесистости неудобных земель и болот может быть используемо для оценки возможности расширения площади лесов, которые в данном районе имеются.

Таким образом, все леса являются водоохранно-водорегулирующими. В связи с этим основную водоохранно-водорегулирующую роль будет выполнять та категория лесов, удельный вес которой в общей площади водосбора наибольший.

В соответствии со ст. 17 действующего Лесного кодекса Российской Федерации, «в защитных лесах сплошные рубки осуществляются только в случае, если выборочные рубки не обеспечивают замену лесных насаждений, утрачивающих свои средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции, на лесные насаждения, обеспечивающие сохранение целевого назначения защитных лесов и выполняемых ими полезных функций». Статьи 103, 105 и 106 Лесного кодекса прямо запрещают проведение сплошных рубок в защитных лесах в каких-либо иных случаях. Кроме того, ст. 102 Лесного кодекса запрещает в защитных лесах «осуществление деятельности, несовместимой с их целевым назначением и полезными функциями».

В защитных лесах могут проводиться только выборочные и постепенные рубки, которые обеспечивают замену лесных насаждений, утрачивающих свои средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции, на лесные насаждения, обеспечивающие сохранение целевого назначения защитных лесов и выполняемых ими полезных функций. Также в защитных лесах могут проводиться рубки ухода за лесом в соответствии с правилами рубок ухода [16—19].

2. Материалы и методы

Исследования проводились в два этапа: 1) Визуальные обследования; 2) Закладка пробных площадей и исследования на них.

Во время визуального обследования были проработаны материалы, предоставленные Управлением Пеновского лесничества Тверской области. В эти материалы входили: документация по образованию лесничества, материалы о проводимых в лесничестве работах за последние 10 лет, финансовая документация.

После проработки данных материалов были определены выдела, на берегу озера Охват, которые являются защитными. На выбранных выделах были заложены пробные площади для проведения глазомерной таксации. Пробной площадью называют часть лесного участка, подвергнутого детальной перечислительной таксации и используемого в качестве эталона, характеризующего насаждение определённой категории.

Установив размеры отдельных участков и пробных площадей, характеризующих эти участки, было найдено общее число деревьев на участке и разделено по породам, толщине и качественным категориям.

В 2024 г. в лесу на объектах исследования проводилась глазомерно-измерительная таксация леса с разделением насаждений на ярусы и возрастные поколения. Объектами исследований являются выдела, расположенные на берегу озера Охват на территории Пеновского лесничества Тверской области, в Охватском участковом лесничестве.

Использовались высотомер, таксационная вилка, полнометр Биттерлиха. Определялись следующие показатели: возраст, диаметр, высота, полнота, запас, бонитет и тип леса. Обращалось внимание на степень сохранности древостоев.

Возраст насаждения определялся по цвету и строению древесной коры, а также по строению кроны. Учитывались также исторические данные. Возраст древостоя определялся также путём прибавления к возрасту из материалов лесоустройства количества лет, прошедших с момента лесоустройства до глазомерно-измерительной таксации.

Измерение диаметров деревьев осуществлялось с точностью до 1 мм металлической мерной вилкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях на высоте 1,3 м от шейки корня. В каждой ступени толщины (по породам) с помощью высотомера измеряли высоту не менее 5 деревьев. Полученные данные выравнивались графически и использовались для определения разрядов высот по ступеням толщины. Запасы вычисляли по таблицам высот и объёмов стволов (в коре) для древостоев Ленинградской, Архангельской и Вологодской областей. Точность определения запасов — около 3 %.

Бонитет определялся по средней высоте древостоя в установленном возрасте по шкале бонитетов. Тип леса определялся с учётом эдификатора (древостоя), индикатора (живого напочвенного покрова) и почвы.

Учёт подроста проводился методами, обеспечивающими определение их количества и жизнеспособности с ошибкой точности определения не более 10 %. Для учёта численности подроста были заложены круговые площадки по 10 м², или R = 1,79 м. По Правилам

лесовосстановления (2007) на участках площадью до 5 га закладывается 30 учётных площадок, на делянках от 5 до 10 га — 50 площадок и свыше 10 гектар — 100 площадок. По состоянию подрост делили на три категории: жизнеспособный, нежизнеспособный и сухой.

Жизнеспособный подрост хвойных пород характеризовался следующими признаками: густая хвоя; зелёная или тёмно-зелёная окраска хвои; заметно выраженная мутовчатость; островершинная или конусообразная, симметричная, густая или средней густоты крона протяжённостью не менее $\frac{1}{3}$ высоты ствола в группах и $\frac{1}{2}$ высоты ствола при одиночном размещении; прирост по высоте за последние 3—5 лет не утрачен; прирост вершинного побега не менее прироста боковых ветвей верхней половины кроны; прямые неповреждённые стволы; гладкая или мелкочешуйчатая кора без лишайников.

В соответствии с общепринятыми классификациями подрост делили: по высоте — на три категории крупности: мелкий — до 0,5 м, средний — 0,51—1,5 м и крупный — более 1,5 м; по густоте — на три категории: редкий — до 2 тыс. растений, средней густоты — 2—8 тыс. растений, густой — более 8 тыс. растений на 1 га; по распределению по площади — на три категории в зависимости от встречаемости (встречаемость подроста — это отношение количества учётных площадок с растениями к общему количеству учётных площадок, заложенных на пробной площади или лесосеке, выраженное в процентах): равномерный — встречаемость свыше 65 %; неравномерный — встречаемость 40—65 %; групповой (не менее 10 шт. мелких или 5 шт. средних и крупных экземпляров жизнеспособного и сомкнутого подроста).

Для определения численности подроста применяли коэффициенты пересчёта мелкого и среднего подроста в крупный. Для мелкого подроста применялся коэффициент 0,5, среднего — 0,8, крупного — 1,0.

3. Результаты

Было заложено 6 пробных участков площадью по 0,2 га. Общая площадь обследованных участков составила 1,2 га. На них были определены путём проведения глазомерно-измерительной таксации высоты, объёмы, возраста, диаметры деревьев. Высоты были определены у 360 деревьев. Диаметры определены у 1221 дерева. Возраст был найден у 360 деревьев. Также на этих пробных участках были определены следующие величины: полнота, тип леса, запас на выделе по породам и бонитет, представленные в таблице 1.

Практика ведения лесного хозяйства в Пенковском лесничестве Тверской области характеризуется следующими положениями: смена малоценных мелколиственных пород на хвойные и более ценные лиственные породы, восстановление леса на не покрытых лесом землях, выполнение мероприятий по лесозащите, рубки главного пользования.

Современный породный состав лесов с учётом функциональной их роли и наличных природных условий близок к оптимальному. Спрос на древесину хвойных пород всегда был высоким. Их доля в составе насаждений составляет 63 %, тогда как оптимальным является 65—80 % покрытых лесной растительностью земель.

Таблица 1. Таксационная характеристика древостоев на выбранных участках

Table 1. Taxation characteristics of stands on selected sites

№	Квартал	Выдел	Площадь, га	Состав	Подрост (состав, численность)	Характеристика подлеска	Тип леса / ТУМ	Класс бонитета	Д _{ср} , см	Н _{ср} , м	А _{ср} , лет	Относительная полнота	Запас на га, м ³
1	79	2	3,7	6Ос ₇₅ 3Б1 С + Е	10Е, 2900 экз./га	Р, Ч, Д, 3000 экз./га	ОсЧ/В3	1	26	24	70	0,8	368,1
2	79	3	2,8	7С ₆₀ 3Б + Ос + Е	10Е, 2500 экз./га	Ч, Б, 1700 экз./га	СЧ/В3	1	26	24	75	0,8	399,1
3	79	5	3,1	6С ₆₀ 1Е2Б1 Ос	10Е, 2300 экз./га	Р, Ч, Д 5700 экз./га	СЧ/В3	1	25	25	85	0,7	356,2
4	79	8	1,4	5С ₉₀ 5Б + Е	10Е, 950 экз./га	Р, М, 4900 экз./га	СЧ/В3	1	25	25	90	0,7	398,8
5	104	2	4,5	7Б ₇₅ 2Е1С	10Е, 365 экз./га	Ч, Д, 6800 экз./га	БЧ/В3	1	26	26	75	0,8	315,4
6	104	27	1,6	6С ₆₀ 2Е2Б	10Е, 170 экз./га	Ч, М, Д, 5900 экз./га	СЧ/В3	1	21	21	60	0,8	307,9

В целях улучшения породной структуры, повышения устойчивости и долговечности лесов в лесничестве проектируется замена вырубаемых мягколиственных пород, прежде всего осины, особенно в категориях защитности, исключённых из расчёта эксплуатации, на хвойные путём проведения рубок ухода за лесом. Практически все осинники и сероольшанники должны быть заменены елью и берёзой высокой производительности.

В покрытые лесной растительностью земли будут переведены ныне существующие несомкнувшиеся лесные культуры (1043 га) и несомкнувшиеся культуры, которые будут созданы в первые 4 года ревизионного периода (1948 га). Прогнозируется перевести в покрытые лесом земли площади лесосек сплошных рубок ревизионного периода с проведёнными мерами содействия естественному возобновлению (путём сохранения благонадёжного подроста) в половинном размере (таблица 2).

Таблица 2. Объёмы мероприятий по улучшению породного состава лесов (площадь, га)

Table 2. The measures to improve the species composition of forests (area, ha)

Целевая порода	Перевод в покрытые лесом земли				Перевод малоценных насаждений в хозяйственно ценные			Всего
	несомкнувшиеся лесных культур	участков с мерами содействия естеств. возобнов.	участков, обеспеченных естеств. возобнов.	итого	путём рубок ухода	путём реконструкции	итого	
Сосна	587	—	459	1046	—	—	—	1046
Ель	2404	625	893	3922	1200	—	1200	5122
Берёза	—	—	870	870	—	—	—	870
Всего	2991	625	2222	5838	1200	—	1200	7038

Под естественное возобновление хвойными породами также взята площадь в половинном размере, поскольку вторая часть полностью восстанавливается в начале следующего ревизионного периода.

Из общей площади лесных культур, попавших под полог мягколиственных пород, учитывая объёмы рубок ухода, может реально перейти из мягколиственных в хвойное хозяйство 435 га.

Для того чтобы оценить, насколько хорошо выполняют насаждения свои водорегулирующие функции, была проведена таксация наиболее характерных участков леса. Был проведён учёт древостоя, подроста и подлеска. В таблице 3 дана характеристика древостоя по составу, таксационному описанию и данным, полученным по натурным обследованиям.

Из таблицы 3 видно, что состав по натурным и таксационным описаниям практически совпадает. На объекте 1 преобладает осина, поэтому здесь необходимо проводить мероприятия по увеличению в составе насаждения хвойных пород, а именно ели, которая, как видно, присутствует в составе, но пока в недостаточном количестве. На объекте 5 преобладает берёза, что в общем неплохо, однако здесь также требуется увеличение в составе хвойных пород, за счёт сокращения лиственных.

Таблица 3. Характеристика древостоя

Table 3. Characteristics of the stand

Номер объекта	Состав древостоя по таксационному описанию	Состав древостоя по натурному обследованию	Рекомендуемый состав
1	5Ос4Б1С	6Ос3Б1С+Е	4Ос4Б1С1Е
2	7С3Б	7С3Б+Ос+Е	7С3Б
3	7С1Е2Б	6С1Е2Б1Ос	6С2Е2Б
4	5С5Б	5С5Б+Е	6С3Б1Е
5	7Б2Е1С	7Б2Е1С	5Б4Е1С
6	6С2Е2Б	6С2Е2Б	7С3Е1Б

На остальных объектах наблюдали смешанные сосново-лиственные насаждения. На объектах 3 и 6 (соответственно 10 % и 20 %) присутствует ель. Ель проявляет себя как грунтоосушительная порода, а сосна лучше выполняет водоохранные функции. Лиственные леса отличаются большим снегонакоплением и меньшим промерзанием почвы, способствующим почвенному оттоку влаги. И в целом регулирующая роль сильнее проявляется в хвойных лесах с примесью лиственных до 3—4 единиц состава.

На фото 1—4 представлен внешний вид насаждений на объектах 1—4. Таким образом, можно считать близким к оптимальному состав насаждений на объектах 3 и 6.



Фото 1. Насаждение на участке 1 [фото авторов]

Photo 1. Stand on site 1



Фото 2. Насаждение на участке 2 [фото авторов]

Photo 2. Stand on site 2



Фото 3. Насаждение на участке 3 [фото авторов]

Photo 3. Stand on site 3



Фото 4. Насаждение на участке 4 [фото авторов]

Photo 4. Stand on site 4

Подросту принадлежит значительная роль в лесном насаждении. Спустя время произойдёт смена поколений, и от состава и состояния подраста будет зависеть, насколько хорошо лесное насаждение будет выполнять свои защитную и сырьевую функции. Поэтому на пробных площадях был проведён учёт подраста по категориям крупности и состоянию (таблицы 4—9).

Таблица 4. Характеристика подраста после рубки, объект 1

Table 4. Characteristics of undergrowth after logging, site 1

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Нежизнеспособный подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1	3			3	1				
2			3	3	2				
3					3				
4	1	1		2	4		1		1
5			2	2	5				
6	2			2	6	2	1		3
7		1	2	3	7			1	1
8	1	3	1	5	8	2	1		3

9		1	2	3	9	2	1		3
10		3	2	5	10		1		1
11			1	1	11		1	1	2
12	1	2	3	6	12				
13	1			1	13		1		1
14	1	1		2	14	1			1
15	1	2	1	4	15		1		1
16	4	5	5	14	16				
17	1	2	1	4	17		2	1	3
18	3	3	1	7	18				
19	2	3	3	8	19		2	1	3
20		1		1	20	2	4		6
21		1		1	21		1		1
22		3		3	22		2		2
Итого	$\Sigma N_M = 21$	$\Sigma N_{cp} = 32$	$\Sigma N_{kp} = 28$	$\Sigma N = 81$	Итого	$\Sigma N_M = 9$	$\Sigma N_{cp} = 19$	$\Sigma N_{kp} = 4$	$\Sigma N = 32$
$N_{cp.}$, экз. на га	950	1450	1270	2905	$N_{cp.}$, экз. на га	400	860	180	1068

Таблица 5. Характеристика подроста после рубки, объект 2

Table 5. Characteristics of undergrowth after logging, site 2

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Нежизнеспособный подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1					1				
2	5	2		7	2				
3	2	3		5	3				
4					4				
5	3	4			5				
6	2	1	5	8	6	2	2	2	6
7					7		2		2
8	1	1	2	4	8	2	2		4
9		1		1	9	1			1
10		2		2	10				
11		2	2	4	11				
12	1	2	3	6	12				
13		2	1	3	13	1			1
14					14				

15		2		2	15	1			1
16	2		1	3	16				
17		3	1	4	17			1	1
Итого	$\Sigma N_M = 16$	$\Sigma N_{ср} = 25$	$\Sigma N_{кр} = 15$	$\Sigma N = 56$	Итого	$\Sigma N_M = 7$	$\Sigma N_{ср} = 6$	$\Sigma N_{кр} = 3$	$\Sigma N = 16$
$N_{ср.}$ экз. на га	940	1470	900	2500	$N_{ср.}$ экз. на га	400	350	200	680

Таблица 6. Характеристика подроста после рубки, объект 3

Table 6. Characteristics of undergrowth after logging, site 3

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Нежизнеспособный подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51–1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51–1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1					1				
2		1	1	2	2	1			1
3		1	2	3	3		1		1
4	1	1		2	4			2	2
5	2	3	3	8	5	1	1		2
6	1	2		3	6				
7					7				
8					8				
9	1			1	9	1	1		2
10	1	5	2		10	1	1	1	3
11	1	1	2	4	11		1	3	4
12	1	1		2	12		2	1	3
13	1	1		2	13				
14	2	2		4	14	1	1		2
15	2	2	2	6	15		1	1	2
16	1	1	1	3	16	2			2
Итого	$\Sigma N_M = 14$	$\Sigma N_{ср} = 21$	$\Sigma N_{кр} = 13$	$\Sigma N = 48$	Итого	$\Sigma N_M = 7$	$\Sigma N_{ср} = 9$	$\Sigma N_{кр} = 8$	$\Sigma N = 24$
$N_{ср.}$ экз. на га	900	1300	800	2300	$N_{ср.}$ экз. на га	400	600	500	1200

Таблица 7. Характеристика подроста после рубки, объект 4

Table 7. Characteristics of undergrowth after logging, site 4

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Нежизнеспособный подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1	1	1		2	1				
2					2				
3					3				
4			1	1	4	1			1
5		1		1	5				
6		1	1	2	6			1	1
7		3		3	7	1			1
8	1	1	1	3	8		1		1
9	3		1	4	9		2		2
10	1	1		2	10		1		1
11					11				
12	1	1		2	12				
13					13				
14					14				
15					15				
16					16				
17	1		1	2	17				
Итого	$\Sigma N_m = 8$	$\Sigma N_{cp} = 9$	$\Sigma N_{kr} = 5$	$\Sigma N = 22$	Итого	$\Sigma N_m = 2$	$\Sigma N_{cp} = 4$	$\Sigma N_{kr} = 1$	$\Sigma N = 7$
$N_{cp.}$, экз. на га	500	500	300	950	$N_{cp.}$, экз. на га	100	200	50	260

Таблица 8. Характеристика подроста после рубки, объект 5

Table 8. Characteristics of undergrowth after logging, site 5

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Нежизнеспособный подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1					1			1	1
2			1	1	2				
3			1	1	3				

4					4	1			1
5					5				
6					6				
7	1	2		3	7		1	1	2
8					8		1		1
9			1	1	9				
10			1	1	10		3	2	5
11					11				
12					12				
13					13		1	2	3
14					14	1		1	2
15					15				
16					16				
17					17		2		2
18					18				
19			1	1	19			1	1
Итого	$\Sigma N_m = 1$	$\Sigma N_{cp} = 2$	$\Sigma N_{kr} = 5$	$\Sigma N = 8$	Итого	$\Sigma N_m = 2$	$\Sigma N_{cp} = 8$	$\Sigma N_{kr} = 8$	$\Sigma N = 18$
$N_{cp.},$ экз. на га	50	100	260	365	$N_{cp.},$ экз. на га	100	400	400	770

Таблица 9. Характеристика подроста после рубки, объект 6

Table 9. Characteristics of undergrowth after logging, site 6

Номер площадки	Подрост, экз.				Номер площадки	Нежизнеспособный подрост, экз.			
	Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого		Мелкий, до 0,5 м	Средний, 0,51—1,5 м	Крупный, более 1,5 м	Итого
1					1				
2					2				
3					3				
4		1	1	2	4				
5			1	1	5			1	1
6					6		1	1	2
7					7		1	1	2
8					8		2		2
9		1	1	2	9	2			2
10					10				
11					11				
12					12				

13					13				
14					14				
15					15				
16					16				
17					17				
18					18				
19					19				
20					20				
21					21				
22					22				
Итого	$\Sigma N = 1$	$\Sigma N_{ср} = 2$	$\Sigma N_{кр} = 3$	$\Sigma N = 5$	Итого	$\Sigma N_M = 2$	$\Sigma N_{ср} = 4$	$\Sigma N_{кр} = 3$	$\Sigma N = 9$
$N_{ср.},$ экз. на га		90	100	172	$N_{ср.},$ экз. на га	90	180	130	319

В таблице 10 приведены характеристики подроста ели на опытных объектах.

Таблица 10. Характеристика подроста ели на опытных объектах

Table 10. Characteristics of spruce undergrowth at experimental sites

Номер объекта	Встречаемость, %	Численность, экз./га	В т. ч. в процентах по категориям высоты		
			до 0,5 м	0,5—1,5 м	> 1,5 м
1	100	2900	950	1450	1270
2	71	2500	940	1470	900
3	75	2300	900	1300	800
4	60	950	500	500	300
5	26	365	50	100	260
6	14	170		90	100

Как видно из таблицы 10, на объектах 1—3 имеется необходимое количество подроста, хотя в составе древостоя небольшое количество ели и достаточно высокая полнота 0,7—0,8. На объектах 4—6 количество подроста минимальное, хотя в составе ель присутствует на некоторых объектах в количестве 2 единиц. Тип леса на всех объектах черничник, полнота 0,7—0,8. Причина таких различий может крыться в количестве живого напочвенного покрова и подлеска.

Подлесок в лесном насаждении выполняет почвоулучшающую роль, защищает почву от чрезмерного иссушения, задернения, является кормовой базой для птиц и животных. Подлесок может тормозить появление и развитие подроста при категории густой. В таблице 11 приведено количество подлеска на изучаемых объектах.

Таблица 11. Характеристика подлеска на опытных объектах

Table 11. Characteristics of undergrowth at experimental sites

Номер объекта	Порода, количество, экз./га					Итого
	Рябина	Черёмуха	Можжевельник	Бересклет	Дуб	
1	1000	1400			600	3000
2		800		500		1700
3	900	3200			1600	5700
4	400		4500			4900
5		4300			2500	6800
6		2500	2400		1000	5900

Из таблицы 11 видно, что на объектах 3—6 большое количество подлеска, в основном это черёмуха. Именно на этих объектах и наблюдается небольшое количество подроста. Однако нельзя утверждать, что подлесок играет только негативную роль. Благодаря подлеску уменьшается поверхностный сток, почва скрепляется корнями, подлесок из хвойных пород очищает воду. Однако необходимо регулировать количество подлеска, чтобы он не мешал естественному возобновлению.

4. Обсуждение и заключение

Добиться рекомендуемого породного состава (см. таблицу 3), уменьшить количество подлеска до оптимальных для развития подроста главных древесных пород величины можно при помощи своевременного проведения (относительно возраста насаждения) рубок ухода за лесом [20].

В таблице 12 приведены рекомендации по видам рубок ухода на рассматриваемых объектах.

Рубки ухода в лесах, расположенных в водоохранных зонах, должны быть направлены на выращивание здоровых, устойчивых лесных насаждений с участием древесных и кустарниковых пород с глубокой корневой системой. Технология разработки лесосек с подвозкой сортиментов на базе мини-трактора и бензопил приемлема для реализации рубок ухода в молодняках, прореживаний, частично проходных и выборочных санитарных рубках в условиях, где прорубка технологической сети нежелательна, а также ландшафтных рубок в лесопарках и зелёных зонах.

Таблица 12. Рекомендации по видам рубок ухода за лесом на рассматриваемых объектах

Table 12. Recommendations on the types of tending felling at the sites under consideration

Номер объекта	Состав древостоя по натурному обследованию	Рекомендуемый состав	Вид рубки	Интенсивность рубки, %
1	6Ос ₇₅ 3Б1С+Е	4Ос4Б1С1Е	Рубка переформирования	30
2	7С ₆₀ 3Б+Ос+Е	7С3Б	Проходная рубка	30
3	6С ₆₀ 1Е2Б1Ос	6С2Е2Б	Проходная рубка	20
4	5С ₉₀ 5Б+Е	6С3Б1Е	Рубка обновления	20
5	7Б ₇₅ 2Е1С	5Б4Е1С	Рубка переформирования	40
6	6С ₆₀ 2Е2Б	7С3Е1Б	Проходная рубка	30

Мини-тракторы (малогабаритные тракторы) могут быть управляемые человеком с дышла (фото 5) или с сиденья (фото 6) [21], [22]. Ходовая часть может быть колёсная, гусеничная или полугусеничная. В рассматриваемых природно-производственных условиях желательно использовать гусеничные, полугусеничные или колёсные машины на пневматиках сверхнизкого давления, в связи с часто низкой несущей способностью почвогрунтов, и крайней нежелательностью их повреждения при проведении работ в тёплый период года [23].

На схемах проведения рубок ухода за лесом, представленных на рисунках 1 и 2, движение мини-трактора по лесосеке петлевого: холостой ход вдоль границы делянки; технологические операции, в результате которых, продвигаясь по лентам (пунктирные стрелки), набирается пачка; подвозка и выгрузка пачки в штабель сортиментов [24], [25].

Технологические операции выполнения рубок ухода за лесом по скандинавской технологии включают: переезд мини-трактора к очередному дереву; подготовку рабочего места, приведение оборудования в рабочее положение; срезание дерева с пня, натаскивание его на задний, монтируемый на прицепе ролик; срезание сучьев и движение вдоль дерева; перемещение хлыста на роликах (передний монтируется на раме приводной части трактора); раскряжёвка хлыста и укладка брёвен на коники.

При комбинированном варианте работ (с двухстадийной трелёвкой) мини-трактором подвозят пачку сортиментов к трелёвочному волоку, пригодному для движения форвардера, сортименты выгружаются и укладываются в пачки.



Фото 5. Лесной мини-трактор Iron Horse Classic [21]

Photo 5. Iron Horse Classic Mini Forest Tractor



Фото 6. Лесной мини-трактор на базе мотоблока и тракторного адаптера на полугусеничном ходу [22]

Photo 6. A forest mini-tractor based on a tillerblock and a tractor adapter on a half-track

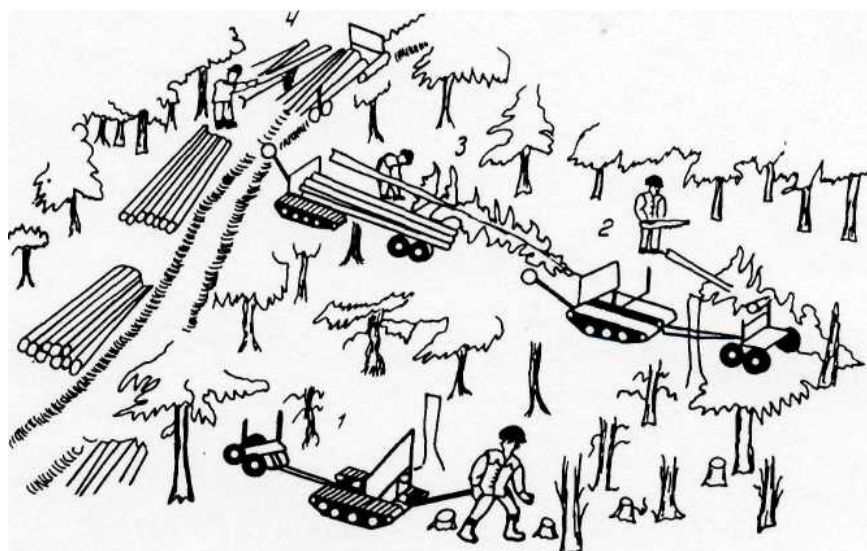


Рисунок 1. Порядок проведения рубок ухода за лесом с помощью мини-тракторов [24]

Figure 1. The procedure of tending felling using mini tractors

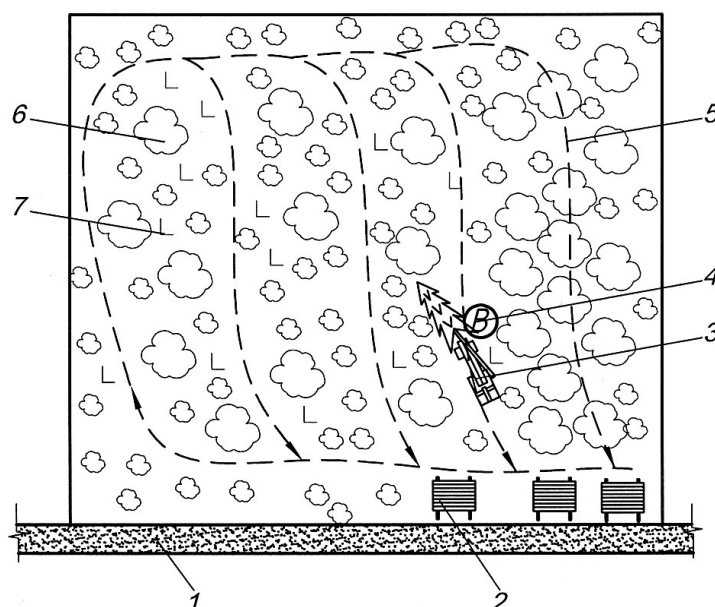


Рисунок 2. Схема заготовки древесины при проведении рубок ухода за лесом с использованием мини-трактора [24]: 1 — волок; 2 — штабель сортиментов; 3 — мини-трактор; 4 — вальщик леса; 5 — направление движения мини-трактора; 6 — деревья, оставленные на доращивание; 7 — вырубленные деревья

Figure 2. Scheme of harvesting wood during tending felling operations using a mini-tractor: 1 — a strip road; 2 — timber assortments storage pile; 3 — a mini-tractor; 4 — a tree feller; 5 — the direction of movement of the mini-tractor; 6 — trees left for nursery; 7 — felled trees

Полученные при натурном обследовании насаждений на 6 пробных площадях данные позволили сделать следующие выводы:

1. Современный породный состав лесов, с учётом функциональной их роли и наличных природных условий, близок к оптимальному. На 4 пробных площадях преобладают хвойные породы, а именно сосна.

2. Регулирование состава насаждения необходимо начинать на этапе молодняка. Формула оптимального состава древостоя для спелых водорегулирующих лесов таёжной зоны (по М. М. Орлову) — 7Е2С1Б. Ель задерживает снеготаяние, сосна позволяет накапливаться снегу, берёза обеспечивает наличие подстилки (опад). Для этого необходимо проведение рубок ухода за лесом. Целесообразно формирование смешанных хвойно-лиственных лесных насаждений с примесью лиственных пород 20—30 %. Сомкнутость полога крон лесных насаждений при каждом приёме рубок не должна снижаться ниже 0,6—0,7.

3. На объектах 1—3 имеется необходимое количество подроста, хотя в составе древостоя небольшое количество ели и достаточно высокая полнота 0,7—0,8. На объектах 4—6 количество подроста минимальное, хотя в составе ель присутствует на некоторых объектах в количестве 2 единиц.

4. На 3 объектах большое количество подлеска, в основном это черёмуха. Именно на этих объектах и наблюдается небольшое количество подроста. С одной стороны, подлесок препятствует появлению и развитию подроста, а с другой — благодаря подлеску уменьшается поверхностный сток, почва скрепляется корнями, подлесок из хвойных пород очищает воду.

Благодарности

Результаты настоящей работы получены за счёт гранта Российского научного фонда № 26-16-00047, <https://rscf.ru/project/26-16-00047/>.

Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства».

Список литературы

1. Тюрин И. В. Опыт классификации лесных площадей водоохранной зоны по их водоохранной роли // Исследования по лесному хозяйству. 1949. Вып. 26. С. 5—56.
2. Ткаченко М. Е., Асосков А. И., Синев В. Н. Общее лесоводство. Л., 1939. 600 с.
3. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 487 с.
4. Молчанов А. А. Лес и климат. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 279 с.
5. Молчанов А. А. Лес и окружающая среда. М.: Наука, 1968. 278 с.
6. Молчанов А. А. Влияние леса на окружающую среду. М.: Наука, 1973. 359 с.
7. Молчанов А. А. Роль лесов в биосфере и гидрологических процессах // Всесоюзное совещание по водоохранно-защитной роли горных лесов: Сб. ст. Красноярск: ИЛиД АН СССР, 1975. Ч. 1. С. 4—6.
8. Молчанов А. А. Влияние леса на окружающую среду. М.: Изд-во АН СССР, 1977. 360 с.
9. Высоцкий Г. Н. О гидрологическом влиянии лесов. М., 1962. 67 с.

10. Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 174 с.
11. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. М.: Гослесбумиздат, 1949. 456 с.
12. Воронков Н. А. Роль лесов в охране вод. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 286 с.
13. Тарасенко В. П. Динамика лесистости и породного состава лесов Европейской части СССР и лесовосстановление / Гос. ком. лесн. хоз-ва Совета Министров СССР. ЦБНТИ. М., 1972. 53 с.
14. Рахманов В.В. Гидроклиматическая роль лесов. — М.: Лесная пром-сть, 1984. —240 с.
15. Орлов М. М. Леса водоохранные, защитные и лесопарки: Устройство и ведение хозяйства. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 89 с.
16. Рубцов М. В. Защитная функция лесов вдоль таёжных рек. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 192 с.
17. Муратов М. Э. Изменение гидрологического режима рек под влиянием сплошных рубок на Южном Урале // Изменение водоохранны-защитных функций лесов под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Пушкино, 1973. С. 118—132.
18. Олейник В. С. Водоохранная и водорегулирующая роль горных лесов Карпат // Гидрологическая роль лесных геосистем. Новосибирск: Наука, 1989. С. 73—79.
19. Олейник В. С. Гидрологические последствия рубок ельников на элементарных водосборах в Украинских Карпатах // Лесоведение. 1999. № 2. С. 42—48.
20. Воронков Н. А. О гидрологической роли лесных насаждений в связи с их структурой // Повышение устойчивости и средо-охранной роли лесов: Сб. ст. М.: ВНИИЛИ, 1983. С. 125—132.
21. Правила ухода за лесами: Приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 534 об утверждении (зарегистрировано в Минюсте России 18 декабря 2020 г. № 61555). URL: <http://www.consultant.ru>. (дата обращения: 19.11.2025). Текст: электронный.
22. Должиков И. С., Куницкая О. А., Михайлова Л. М. Перспективы использования современных малогабаритных лесных машин на лесосечных и лесохозяйственных работах // Лесное хозяйство в условиях глобальных вызовов: новые парадигмы устойчивого развития // Forestry-2025: Материалы Междунар. лесн. форума, приурочен. к празднованию 95-летия ВГЛТУ. Воронеж, 2025. С. 512—520.
23. Перспективная тракторная база систем машин для малообъёмных лесозаготовок / А. С. Дмитриев, О. А. Куницкая, И. С. Должиков [и др.] // Инженеры России и Беларуси: сила в сотрудничестве: Материалы Междунар. научно-практич. конф. Архангельск, 2024. С. 74—77.
24. Обоснование вида движителя лесной машины по критерию экологичности для условий Крайнего Севера / В. М. Дьяченко, И. С. Должиков, О. А. Куницкая [и др.] // Resources and Technology. 2025. Т. 22, № 3. С. 1—62.
25. Технология и машины лесосечных работ / В. И. Пятакин, И. В. Григорьев, А. К. Редькин [и др.]. СПб., 2012. 362 с.

References

1. Tyurin I. V. The experience of classifying forest areas of a water protection zone according to their water protection role. *Research on forestry*, 1949, iss. 26, pp. 5—56. (In Russ.)
2. Tkachenko M. E., Asoskov A. I., Sinev V. N. *General forestry*. Leningrad, 1939. 600 p. (In Russ.)
3. Molchanov A. A. *The hydrological role of forests*. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1960. 487 p. (In Russ.)
4. Molchanov A. A. *Forest and climate*. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1961. 279 p. (In Russ.)

5. Molchanov A. A. *Forest and environment*. Moscow, Nauka, 1968. 278 p. (In Russ.)
6. Molchanov A. A. *Forest impact on the environment*. Moscow, Nauka, 1973. 359 p. (In Russ.)
7. Molchanov A. A. The role of forests in the biosphere and hydrological processes. *All-Union meeting on the water protection and protective role of mountain forests: Collection of art.* Krasnoyarsk, Institute of the Academy of Sciences of the USSR, 1975, ch. 1, pp. 4—6. (In Russ.)
8. Molchanov A. A. *The impact of forests on the environment*. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1977. 360 p. (In Russ.)
9. Vysotsky G. N. *On the hydrological influence of forests*. Moscow, 1962. 67 p. (In Russ.)
10. Pobedinsky A. V. *The water protection and soil protection role of forests*. Moscow, Lesn. prom-st, 1979. 174 p. (In Russ.)
11. Morozov G. F. *The doctrine of the forest*. Moscow, Goslesbumizdat, 1949. 456 p. (In Russ.)
12. Voronkov N. A. *The role of forests in water protection*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1988. 286 p. (In Russ.)
13. Tarasenko V. P. *Dynamics of forest cover and species composition of forests of the European part of the USSR and reforestation*. Forestry department of the Council of Ministers of the USSR. CBNTI. Moscow, 1972. 53 p. (In Russ.)
14. Rakhmanov V.V. *The Hydroclimatic Role of Forests*. — Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1984. — 240 p. (In Russ.)
15. Orlov M. M. *Forests of water protection, protective and forest parks: Organization and management of farms*. Moscow, Lesn. prom-st, 1983. 89 p. (In Russ.)
16. Rubtsov M. V. The protective function of forests along taiga rivers. Moscow, Lesn. prom-st, 1983. 192 p. (In Russ.)
17. Muratov M. E. Changing the hydrological regime of rivers under the influence of continuous logging in the Southern Urals. *Changing the water protection and protective functions of forests under the influence of forestry measures*. Pushkino, 1973, pp. 118—132. (In Russ.)
18. Oleinik B. C. The water protection and water-regulating role of the mountain forests of the Carpathians. *The hydrological role of forest geosystems*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1989, pp. 73—79. (In Russ.)
19. Oleinik B. C. Hydrological consequences of logging of spruce forests in elementary catchments in the Ukrainian Carpathians. *Forestry*, 1999, no. 2, pp. 42—48. (In Russ.)
20. Voronkov N. A. On the hydrological role of forest plantations in connection with their structure. *Increasing the sustainability and environmental protection role of forests: Collection of art.* Moscow, VNIIL, 1983, pp. 125—132. (In Russ.)
21. Rules of forest care. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 30.07.2020 no. 534 on approval (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on December 18, 2020 no. 61555). Available at: <http://www.consultant.ru> (accessed: 19.11.2025). Text. Image: electronic. (In Russ.)
22. Dolzhikov I. S., Kunitskaya O. A., Mikhailova L. M. Prospects of using modern small-sized forestry machines in logging and forestry operations. *Forestry in the context of global challenges: new paradigms of sustainable development. Forestry-2025: Materials of the International Forest Forum dedicated to the celebration of the 95th anniversary of the VGLTU*. Voronezh, 2025, pp. 512—520. (In Russ.)
23. Dmitriev A. S., Kunitskaya O. A., Dolzhikov I. S., Mikhailova L. M., Kurochkin P. A. A promising tractor base of machine systems for low-volume logging. *Engineers of Russia and Belarus: the strength lies in cooperation: Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Arkhangelsk, 2024, pp. 74—77. (In Russ.)
24. Dyachenko V. M., Dolzhikov I. S., Kunitskaya O. A., Markov V. A., Makuyev V. A., Okhlopko M. K. Substantiation of the type of propulsion of a forest vehicle according to the

criterion of environmental friendliness for the conditions of the Far North. *Resources and Technology*, 2025, vol. 22, no. 3, pp. 1—62. (In Russ.)

25. Patyakin V. I., Grigorev I. V., Redkin A. K. [et al.]. *Technology and machines of logging operations*. Saint Petersburg, 2012. 362 p. (In Russ.)

© Григорьева О. И., Федоров В. И., Григорьев И. В., Николаева Ф. В.,
Перфильев П. Н., Должиков И. С., 2026