

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/3>

УДК: 630*32.4/.236.4(477.61)

**Влияние густоты древостоя и освещенности на естественное
возобновление в полезащитных лесополосах Луганской Народной
Республики**

Олеся В. Грибачева¹, kafles@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5428-143X>

Юлия В Гаврилюк², juliagavriluk2023@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3897-3222>

Юрий В. Копец², Yura_87-87@mail.ru

¹ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова», квартал Аграрный, д.1, з.о. город Луганск, 291008, Луганская Народная Республика

²ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» «Институт гражданской защиты», ул. Тухачевского, 11г, учебный корпус №12, г. Луганск, 291034, Луганская Народная Республика

²ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» «Институт гражданской защиты», ул. Тухачевского, 11г, учебный корпус №12, г. Луганск, 291034, Луганская Народная Республика

В работе представлены результаты изучения возобновления основных лесобразующих пород в полезащитных лесополосах хозяйства ГУП ЛНР «Агрофонд», которое расположено в Артемовском районе города Луганска. Цель работы – оценить состояние подроста древесно-кустарниковой растительности полезащитных лесополос и выявить факторы, влияющие на её развитие. При исследовании использовалась методика, применяемая в лесной таксации и методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. Определение влажности почвы проводили термостато-весовым методом. Сбор опада проводился с пяти опадодуловителей, они размещались в лесополосе в случайном порядке. Количественный и качественный состав подроста в полезащитных лесополосах изучали методом круговых учётных площадок площадью 10 м² каждая (радиус 1,78 м). В первой полезащитной лесополосе было заложено 10 круговых учётных площадок, во второй – 10 шт., а в третьей – 18 шт. При анализе подроста лесобразующих пород установлено, что древесно-кустарниковая растительность на пробных учётных площадках представлена *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Pyrus communis* L., *Ulmus parvifolia* Jacq., *Lonicera tatarica* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer tataricum* L., *Ligustrum vulgare* L. Выявлено, что по количественному составу на первой и второй полезащитных лесополосах преобладает подрост *Prunus mahaleb* L., а именно, первая полезащитная лесополоса – 72 шт. и вторая – 33 шт. Тогда как на третьей полезащитной лесополосе преобладает подрост *Acer tataricum* L. – 46 шт. Благонадёжный подрост *Quercus robur* L. встречается при суммарном освещении от 6250 до 5850 лк, а сомнительный – при освещении 3500 лк. В статье обосновывается мысль о том, что при густоте древостоя от 208 до 286 шт./га (средняя густота) самосева дуба черешчатого не наблюдается. При повышении древостоя от 298-327 шт./га (средняя густота) до 426 шт./га (густой древостой) состояние самосева дуба черешчатого по жизненному состоянию благонадёжное. При густом древостое (783 шт./га) состояние самосева по жизненному состоянию сомнительное. Освещённость и густота древостоя взаимосвязаны между собой и влияют на жизненное состояние самосева всех древесно-кустарниковых пород, произрастающих на учётных площадках, в то время как влажность почвы и масса листового опада больше влияют на прорастание их семян. Во всех трёх полезащитных лесополосах происходит накопление влаги по сравнению с контролем (открытое пространство), которая

задерживается корнями древесно-кустарниковой растительности. Однако, влаги в почве ползащитных лесополос недостаточно для успешного возобновления самосева.

Ключевые слова: Луганская Народная Республика, лесовозобновление, подрост, густота древостоя, листовой опад

Финансирование: данное исследование не получило внешнего финансирования.

Благодарности: автор благодарит за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Грибачева О. В., Гаврилюк Ю.В., Копец Ю.В. Влияние густоты древостоя и освещенности на естественное возобновление в ползащитных лесополосах Луганской Народной Республики Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 4 (60). – С. 39-57. – Библиогр.: с. 54-57 (21 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/3>.

Поступила 02.10.2025. *Пересмотрена* 25.11.2025. *Принята* 30.11.2025. *Опубликована онлайн* 26.12.2025.

Influence of tree growth density and illumination on natural regeneration in protective forest belt of the Lugansk People's Republic

Olesya V. Gribacheva¹, kafles@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5428-143X>

Yulia V. Gavriluk², juliagavriluk2023@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3897-3222>

Yuri V. Kopets², Yura_87-87@mail.ru

¹*Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov, Agrarian quarter, 1, city of Lugansk, 291008, Lugansk People's Republic*

²*Federal State budgetary educational institution of higher education «Lugansk Vladimir Dahl state University» «Institute of Civil Protection», 11g Tukhachevskogo Street, Building 12, Lugansk, 291034, Lugansk People's Republic*

²*Federal State budgetary educational institution of higher education «Lugansk Vladimir Dahl state University» «Institute of Civil Protection», 11g Tukhachevskogo Street, Building 12, Lugansk, 291034, Lugansk People's Republic*

Abstract

The paper presents the results of studying the renewal of the main forest-forming species in the field-protecting forest belts of the State Unitary Enterprise of the Lugansk People's Republic "Agrofond", which is located in the Artemovskiy district of the city of Lugansk. The purpose of the work is to assess the condition of the undergrowth of woody and shrubby vegetation in the field-protecting forest belts and to identify the factors affecting its development. The study used the methodology used in forest taxation and the methodology of systemic studies of forest-agricultural landscapes. The soil moisture was determined using the thermostatic-weight method. The litter was collected from five litter catchers, which were placed in the forest belt in a random order. The quantitative and qualitative composition of the undergrowth in the field-protecting forest belts was studied using circular counting plots with an area of 10 m² each (radius of 1.78 m). In the first field-protecting forest belt, 10 circular counting plots were established, in the second, 10 plots, and in the third, 18 plots. The analysis of undergrowth of forest-forming species revealed that the woody and shrubby vegetation on the test sites is represented by *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Pyrus communis* L., *Ulmus parvifolia* Jacq., *Lonicera tatarica* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer tataricum* L., and *Ligustrum vulgare* L. It was revealed that the quantitative composition of the first and second field-protecting forest belts is dominated by the undergrowth of *Prunus mahaleb* L., namely, the first field-protecting forest belt has 72 specimens,

and the second has 33 specimens. On the other hand, the third field-protecting forest belt is dominated by the undergrowth of *Acer tataricum* L. – 46 specimens. A reliable *Quercus robur* L. juvenile is found in a total illumination of 6250 to 5850 lx, and a questionable one is found in an illumination of 3500 lx. The article substantiates the idea that there is no self-sowing of the sweet cherry oak when the density of the stand is between 208 and 286 trees per hectare (average density). When the tree density increases from 298-327 trees/ha (medium density) to 426 trees/ha (dense tree density), the condition of the self-sown sweet cherry oak is good. In dense stands (783 trees/ha), the vitality of the self-sown seedlings is questionable. The light intensity and density of the stand are interrelated and affect the vitality of the self-sown seedlings of all tree and shrub species in the study areas, while soil moisture and leaf litter mass have a greater impact on seed germination. In all three field-protecting forest belts, there is an accumulation of moisture compared to the control (open space), which is retained by the roots of the tree and shrub vegetation. However, there is not enough moisture in the soil of the field-protecting forest belts for successful self-sowing.

Keywords: *Lugansk People's Republic, reforestation, undergrowth, stand density, leaf litter*

Funding: This study received no external funding.

Acknowledgements: The author thank the reviewers for their contribution to the peer review of the article.

Conflict of interest: The author stated that there was no conflict of interest.

For citation: Gribacheva O.V., Gavriluk Yu.V., Kopets Yu.V. (2025) Influence of tree growth density and illumination on natural regeneration in protective forest belt of the Lugan People's Republic. Forestry Engineering journal, Vol. 15, No. 4 (60), pp. 39-57 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/3>.

Received 02.10.2025/ *Revised* 25.11.2025. *Accepted* 30.11.2025. *Published online* 26.12.2025.

Введение

Полезащитные лесополосы играют ключевую роль в агролесоландшафтах, обеспечивая защиту почв от эрозии, улучшение микроклимата и сохранение биоразнообразия. Долговременная устойчивость этих насаждений напрямую зависит от процессов естественного возобновления, которые определяются комплексом факторов, среди которых густота древостоя и режим освещенности являются ключевыми.

Плотность древесного стоя, или количество деревьев на единицу площади, существенно влияет на процессы естественного возобновления в полезашитных лесополосах. Высокая плотность стоя может способствовать конкуренции между деревьями за свет, воду и питательные вещества, что может замедлить процесс естественного возобновления. С другой стороны, оптимальная плотность может создать условия для успешного роста молодых деревьев, обеспечивая им необходимое количество ресурсов. Кроме того, плотность древесного стоя влияет на микроклимат в лесополосах, что также может оказывать влияние на восстановление растительности. Например, более густые лесополосы могут создавать более влажные условия, способствующие росту определенных видов растений. Изучение этих факторов важно для разработки эффективных стратегий управления лесами и сохранения экосистем, что в свою очередь может помочь в борьбе с изменением климата и поддержании устойчивости природных ресурсов.

Световой режим представляет собой один из доминирующих факторов, определяющих процессы роста и развития растений в лесных экосистемах. Фотосинтез как фундаментальный физиологический процесс напрямую зависит от интенсивности и спектрального состава света. В условиях лесного полога свет приобретает исключительную гетерогенность, создавая мозаику микросайтов с различными условиями для возобновления.

Спектральный состав света играет регулирующую роль в различных аспектах развития растений. Как отмечают исследователи, синий и фиолетовый спектр ответственны за формирование крепких стеблей и густой листвы, в то время как красный свет служит сигналом к цветению и плодоношению. Это имеет важное значение

для естественного возобновления, поскольку различные виды демонстрируют разную чувствительность к спектральным характеристикам света.

Фотопериодизм - реакция растений на продолжительность светового дня - определяет фенологические ритмы развития многих древесных видов. Различают короткодневные, длиннодневные и нейтральные виды, что необходимо учитывать при оценке перспективности естественного возобновления в конкретных световых условиях. Свет влияет не только на процессы фотосинтеза, но и на морфогенез растений. При одностороннем освещении наблюдается эксцентричное развитие стволов, что снижает технические качества древесины и может иметь значение для формирования устойчивых насаждений с оптимальными защитными функциями в условиях полезащитных лесополос.

Густота древостоя выступает интегральным показателем, определяющим интенсивность конкурентных отношений между деревьями за ресурсы, включая свет, влагу и питательные вещества. Многочисленные исследования подтверждают существенное влияние этого фактора на процессы естественного возобновления.

Kholdaenko et al. (2022) [1] в исследовании на плантациях *Picea obovata* в Центральной Сибири установили, что начальная плотность посадки значимо влияет на динамику роста деревьев. Авторы выявили, что средний диаметр дерева демонстрировал постоянную негативную аллометрическую зависимость от густоты древостоя в возрасте 20, 25 и 35 лет, тогда как высота дерева значимо зависела от густоты только до 35-летнего возраста. При этом продуктивность на уровне дерева отрицательно коррелировала с густотой, в то время как продуктивность на уровне древостоя была положительно связана с ней.

Аналогичные закономерности были выявлены Tymińska-Czabańska et al. (2022) [2] при изучении роста сосны обыкновенной с использованием повторных данных воздушного лазерного сканирования. Исследователи показали, что более высокая густота стимулировала рост деревьев, особенно на продуктивных участках, демонстрируя прирост высоты около 10%.

Liu et al. (2022) [3] в естественных смешанных елово-пихтово-широколиственных лесах выявили, что индекс плотности древостоя является наиболее значимым предиктором прироста базальной площади, что указывает на доминирующую роль конкурентных отношений в ограничении продуктивности. Dubenyuk & Lebedev (2022) [4] и другие авторы [5-7] в длительных наблюдениях за сосновыми насаждениями различной начальной густоты установили, что в более густых древостоях смыкание крон и формирование лесного полога происходят раньше, а максимальные объемные запасы достигаются в более раннем возрасте.

Световой режим под пологом лесных насаждений напрямую зависит от густоты древостоя, архитектуры крон и видового состава. Это взаимодействие определяет условия для естественного возобновления.

Грабарник и соавт. [8] в разработке световой модели для пространственно-явных моделей лесных насаждений подчеркивает, что свет является доминирующим фактором во многих экосистемах, а его доступность в подпологовом пространстве крайне гетерогенна.

Процессные модели основаны на механистическом описании эколого-физиологических процессов в лесных экосистемах. Они воспроизводят причинно-следственные связи биологических процессов через уравнения фотосинтеза и дыхания, используя как упрощенные физиологические зависимости, так и эмпирические функции нетто-продуктивности. Важным преимуществом этих моделей является возможность интеграции с почвенными модулями, что позволяет оценивать динамику органического вещества почв, эмиссию углекислого газа и баланс питательных элементов.

Расширенная функциональность процессных моделей включает расчет гидротермических условий и моделирование динамики травяно-кустарничкового яруса. Это обеспечивает комплексное представление о функционировании лесной экосистемы и конкурентных взаимодействиях между растениями за ресурсы. Способность учитывать влияние изменяющихся природных условий делает эти модели особенно ценными для прогнозирования реакции лесных экосистем на климатические изменения.

Различные виды древесных растений демонстрируют стратегические адаптации к условиям освещенности. Cheng et al. (2023) [9] в обзоре по подлесочной растительности отмечают, что низкая доступность света в подлеске обычно рассматривается как стресс для саженцев деревьев, ограничивающий их чистое накопление углерода и рост. Теневыносливые породы успешно возобновляются при наличии бокового или сквозного освещения, в то время как для светолюбивых пород необходимо верхнее освещение или его комбинация с боковым.

Патент RU2081557C1 (2021) [10] предлагает способ оценки естественного возобновления леса, основанный на определении относительного периода угнетения, вычисляемого как отношение возраста подростка к возрасту спелого насаждения. Этот подход позволяет оценить перспективность естественного возобновления и принять обоснованное решение о сохранении подростка при проведении рубок. Преимуществом данного метода является учет не абсолютного, а относительного возраста подростка, что делает оценку более надежной в различных лесорастительных условиях.

Современные исследования все чаще используют технологию дистанционного зондирования для оценки параметров лесных насаждений. Tymińska-Czabańska et al. (2022) [11] демонстрируют эффективность использования повторных данных воздушного лазерного сканирования для разработки моделей роста высоты с учетом густоты древостоя. Morin et al. (2023) [12] в своей статье подчеркивают важность инновационных методов инвентаризации для мониторинга и реагирования на глобальные изменения с целью повышения устойчивости и продуктивности лесов, отмечая, что такие методы могут сократить время сбора данных на 40%, повышая эффективность мониторинга.

Исследование Chekanushkin (2024) [13] по росту и состоянию дуба черешчатого в смешанных защитных лесных насаждениях демонстрирует важность способов посадки для последующего развития древостоев. Установлено, что в сплошной рядной посадке количество живых дубов на 35,6-52,1% ниже по сравнению с прерывистыми вариантами посадки, с заметными различиями в высоте и диаметре ствола. Fajardo et al. (2023) [] при изучении динамики низкорослых древесных видов рекомендуют создание полосовых рубок или окон и скарификацию верхнего слоя почвы для содействия возобновлению и реорганизации леса после нарушений.

Управление густотой древостоя оказывает существенное влияние на биоразнообразие подлеска. Лукина и соавт. [15] изучали воздействие различной интенсивности и продолжительности лесного управления на разнообразие и устойчивость растительных сообществ. Результаты показали значительное снижение индексов разнообразия на 53,37%-62,77%, доминирования на 46,04%-59,17%, выравненности на 32,58%-53,55% и богатства на 50,18%-51,30% после 20 лет управления.

Полезащитные лесополосы имеют специфические особенности, отличающие их от естественных лесов, что определяет характер процессов возобновления в них. Защитные лесные насаждения характеризуются линейной структурой, меньшей шириной и повышенным краевым эффектом, что создает особые условия для возобновления. Эти насаждения испытывают более интенсивное воздействие абиотических факторов по сравнению с лесными массивами [16-18].

Исследование Ostarin и соавт. [19] подчеркивает, что большинство насаждений не имеет достаточного подлеска и второго яруса, из которых могут формироваться новые древостои. Это особенно актуально для защитных лесных насаждений, где часто доминируют пионерные виды с ограниченной способностью к естественному возобновлению в условиях собственного полога.

На процессы естественного возобновления в полезащитных лесополосах существенное влияние оказывает окружающий агроландшафт. Sundriyal et al. (2023) [20] при изучении возобновления в гималайских сосново-дубовых лесах Индии установили, что ландшафтное лесное покрытие не оказывало значительного влияния на возобновление, в то время как факторы микросреды имели большее значение. Этот вывод имеет важное значение для защитных лесных насаждений, поскольку указывает на возможность успешного возобновления даже в условиях изолированных лесополос при обеспечении соответствующих микросайтных условий.

Таким образом, проведенный анализ научной литературы демонстрирует сложный характер взаимодействия между густотой древостоя, световым режимом и процессами естественного возобновления в лесных экосистемах, включая полевые защитные лесополосы. Установлено, что оба фактора оказывают существенное влияние на все стадии возобновления - от семеношения и прорастания семян до роста и развития подроста.

Для повышения эффективности управления процессами естественного возобновления в полевых защитных лесополосах целесообразно разрабатывать дифференцированные подходы к регулированию густоты с учетом видовой специфики и целевого назначения насаждений, внедрять современные технологии мониторинга для оценки параметров древостоев и светового режима, а также учитывать ландшафтный контекст при планировании мероприятий по содействию естественному возобновлению.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются изучение физиологических механизмов влияния различных спектральных составов света на рост и развитие подроста в условиях лесополос, разработка моделей оптимизации густоты древостоев с учетом их защитных функций и устойчивости, исследование взаимодействия густоты и светового режима с другими факторами в условиях агроландшафтов. Реализация этих направлений позволит повысить экологическую устойчивость и долговечность полевых защитных лесных насаждений.

Цель работы - Изучить влияние густоты древостоя и уровня освещенности на процессы естественного возобновления в полевых защитных лесополосах Луганской Народной Республики для разработки научно-обоснованных рекомендаций по их сохранению и восстановлению.

Материалы и методы

Объектом исследований являются полевые защитные лесополосы ажурно-продуваемой конструкции в хозяйстве ГУП ЛНР «Агрофонд», которое располагается в Артемовском районе города Луганска. Исследования проводились на протяжении 2023-2025 годов. Поля расположены за поселком Дзержинского, также в 3 км от поселка Юбилейный. Лесополосы состоят из пяти рядов, ширина одной вместе с закрайками (1,5 метр) – 16 м, расстояние между рядами в среднем 2,5 м, а в ряду 1,5 м между деревьями. Главная порода – ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.). Средняя высота (H) в полевых защитных лесополосах составляет 8-15H. Полоса имеет ажурно-продуваемую конструкцию. Видовой состав первой лесополосы представлен следующими древесными породами: *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Acer tataricum* L., *Ulmus laevis* Pall. Кустарниковый ярус представлен *Lonicera tatarica* L., *Caragana arborescens* Lam., *Prunus spinosa* L. Площадь лесополосы составляет 298 м².

Вторая лесополоса представлена следующим видовым составом: *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Acer tataricum* L., *Ulmus laevis* Pall., *Pyrus communis* L. Кустарниковый ярус представлен

Lonicera tatarica L., *Caragana arborescens* Lam., *Rosa eanina* L. *Prunus spinosa* L. Площадь лесополосы составляет 406 м².

Третья лесополоса представлена следующим видовым составом: *Fraxinus excelsior* L., *Acer tataricum* L., *Rosa eanina* L., *Quercus robur* L., *Prunus mahaleb* L. Кустарниковый ярус представлен *Lonicera tatarica* L., *Caragana arborescens* Lam., *Prunus spinosa* L. Площадь лесополосы составляет 1234 м².

При исследовании использовалась методика, применяемая в лесной таксации и методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов [21]. Определение влажности почвы проводили термостато-весовым методом. Грунт в бюксы брали почвенным буром в одной точке в трёх повторностях в слое почвы 0-100 см. Почву высушивали в термостате при температуре 105°C. К измерениям влажности почвы приступили в третьей декаде марта месяца, после полного схода снега. Полевую влажность почвы рассчитывали в весовых процентах на сухую почву. Для определения запаса продуктивной влаги в почве данные влажности в весовых процентах (W) умножают на объёмный вес слоя почвы (D, г/см³) и толщину слоя в сантиметрах

(Н) и делят на 10 (для перевода м³ воды в мм). Образцы почвы на влажность брали в зоне (наветренная и подветренная сторона лесополосы) и за зоной влияния (контроль) полезащитной лесополосы.

Сбор опада проводился с пяти опадодуловителей, они размещались в лесополосе в случайном порядке. Для сбора лесной подстилки применялась рамка (0,25×0,25). Толщина лесной подстилки измерялась мерной линейкой. Сбор образцов проводили во второй декаде октября и второй раз во второй половине марта после полного схода снега.

Под пологом материнского древостоя закладывались учётные площадки, где проводился учёт подроста и самосева. Количественный и качественный состав подроста в полезащитных лесополосах изучали методом круговых учётных площадок площадью 10 м² каждая (радиус 1,78 м) [4, 7]. В первой полезащитной лесополосе было заложено 10 круговых учётных площадок, во второй – 10 шт., а в третьей – 18 шт. Круговые учётные площадки размещались по ходовым линиям, на одинаковом расстоянии друг от друга, параллельно

Состав подроста древесно-кустарниковой растительности на круговых учётных площадках в изучаемых полезащитных лесополосах практически одинаков и представлен следующими видами: *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Pyrus communis* L., *Ulmus parvifolia* Jacq., *Lonicera tatarica* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer tataricum* L., *Ligustrum vulgare* L. В первой полезащитной лесополосе формула подроста 84%Вм7%Ясоб65%Гроб4%Жт4%ВЗМ2%Дч2%АКБ1%БИО (8ВмЯсобГроб+ЖтВЗМДчАКБедБИО, во второй лесополосе – 64,7%Вм21,2%Клт9,8%ВЗМ7,8%Ясоб3,9%Дч (6Вм2КлтВЗМЯсоб+Дч), в третьей лесополосе – 48,4%Клт23,1%Ясоб18,9%Вм7,4%АКБ2,1%Дч(5Клт2Ясоб2ВмАКБ+Дч) (табл. 1).

Наибольшее суммарное количество подроста среди всех изучаемых лесополос отмечено в полезащитной лесополосе № 3 – 97 шт., а на учётных площадках – 17 шт. (4 учётная площадка) при освещённости 8000 лк. Тогда как благонадёжный

подрост дуба черешчатого отмечен при средней освещённости 6250 лк (5 учётная площадка). Наименьшее суммарное количество подроста выявлено во второй полезащитной лесополосе – 51 шт., а наименьшее – 3 шт. (с 2 по 5 учётную площадку) при средней освещённости 3650 лк. Подрост *Quercus robur* L. во второй полезащитной лесополосе отмечен при средней освещённости 5850 лк (7 и 10 учётные площадки). В третьей полезащитной лесополосе также был выявлен подрост *Quercus robur* L. при средней освещённости 3500 лк (8 и 10 пробные площадки), однако он по жизненному состоянию относится к сомнительному. При увеличении освещённости до 42000 лк и 50000 лк отмечен только подрост *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Robinia pseudoacacia* L. Доля подроста *Robinia pseudoacacia* L. на этих площадках увеличилась с 33,3% до 42,8% и 100%. Это объясняется тем, что для быстрого роста *Fraxinus excelsior* L. и *Robinia pseudoacacia* L.

стене материнского древостоя. Для измерения высоты самосева и подроста использовали линейку с делениями через каждые 5 см до 150 см. Подрост разделяли по высоте на категории крупности: мелкий – до 0,5 м; средний – 0,51–1,5 м; крупный – более 1,5 м. Подрост по жизненному состоянию разделяли на благонадёжный, сомнительный и неблагонадёжный. Под благонадёжным подростом понимали пропорционально развитые по высоте и диаметру стволики, а под сомнительным – не пропорционально развитые по высоте и диаметру стволики или замедленный их рост. Встречаемость подроста определяют как долю (процент) учётных площадок, на которых имеется хотя бы один жизнеспособный экземпляр подроста.

Освещённость измеряли люксметром Ю-116 в период с апреля по август (время замера 9.00, 12.00 и 16.00). Измерения производили на уровне почвы каждой круговой учётной площадки.

Обработку экспериментальных данных проводили с помощью компьютерной программы Statistica: среднее значение, стандартную ошибку среднего, критерий Стьюдента.

Результаты работы

Подрост дуба черешчатого отмечен при средней освещённости 6250 лк (5 учётная площадка).

Наименьшее суммарное количество подроста выявлено во второй полезащитной лесополосе – 51 шт., а наименьшее – 3 шт. (с 2 по 5 учётную площадку) при средней освещённости 3650 лк. Подрост *Quercus robur* L. во второй полезащитной лесополосе отмечен при средней освещённости 5850 лк (7 и 10 учётные площадки).

В третьей полезащитной лесополосе также был выявлен подрост *Quercus robur* L. при средней освещённости 3500 лк (8 и 10 пробные площадки), однако он по жизненному состоянию относится к сомнительному. При увеличении освещённости до 42000 лк и 50000 лк отмечен только подрост *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Robinia pseudoacacia* L. Доля подроста *Robinia pseudoacacia* L. на этих площадках увеличилась с 33,3% до 42,8% и 100%. Это объясняется тем, что для быстрого роста *Fraxinus excelsior* L. и *Robinia pseudoacacia* L.

требуославский т обильного освещения в течение дня.

По количественному составу на первой и второй полезащитных лесополосах преобладает

подрост *Prunus mahaleb* L., а именно, первая полезащитная лесополоса – 72 шт. и вторая – 33 шт. Тогда как на третьей полезащитной лесополосе преобладает подрост *Acer tataricum* L.

Таблица 1

Качественный состав подроста основных лесообразующих пород в полезащитных лесополосах
ГУП ЛНР «Агрофонд»

Table 1

Qualitative composition of the undergrowth of the main forest-forming species in field-protecting forest belts
LPR State Unitary Enterprise Agrofond

№ п/п учётной площадки	Название древесной породы, среднее количество особей, (шт.)										Среднее количество особей, (шт.)	Освещённость, (лк)
	<i>Lonicera tatarica</i> L.	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	<i>Pyrus communis</i> L.	<i>Prunus mahaleb</i> L.	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	<i>Quercus robur</i> L.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	<i>Acer tataricum</i> L.			
Полезащитная лесополоса № 1/Shelterbelt No. 1.												
1-10	4	7	5	72	1	2	2	4	–	97±1,85	3760/6250*	
Полезащитная лесополоса № 2/Shelterbelt No. 2.												
1-10	–	4	–	33	–	2	–	5	7	51±0,87	4175/5850	
Полезащитная лесополоса № 3/ Shelterbelt No. 3.												
1-18	–	22	–	18	–	2	7	–	46	95±1,30	11577,8/3500	

Примечание. *3760/6250 - первая цифра – освещённость на пробном участке, а вторая - освещённость на уровне почвы у дуба черешчатого (самосев)

Note. *3760/6250 the first figure is the illumination on the test site, and the second is the illumination at the soil level of the oak tree (self-seeding)

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

При увеличении численности *Prunus mahaleb* L. в полезащитной лесополосе уменьшается доля *Fraxinus excelsior* L. до 7 шт. соответственно и отмечается отсутствие подроста *Acer tataricum* L. (табл. 1). Тогда как при уменьшении численности *Prunus mahaleb* L. наблюдается увеличение численности *Fraxinus excelsior* L. до 22 шт. и *Acer tataricum* L. до 46 шт. соответственно. Это объясняется тем, что *Prunus mahaleb* L. является древесной породой, которая устойчива к неблагоприятным условиям произрастания, засухоустойчивой и способной образовывать заросли, ограничивая рост других деревьев.

Встречаемость подроста *Fraxinus excelsior* L. в первой полезащитной лесополосе составляет 50 %,

во второй – 20 %, а в третьей – 38,8 %. По численности подроста *Fraxinus excelsior* L. больше в третьей полезащитной лесополосе – 22 шт. (суммарная освещённость составляет от 5100 до 50000 лк), а наименьшее количество во второй полезащитной лесополосе – 4 шт. (средняя освещённость – 4250 лк). Наибольшее количество самосева до 8 шт. отмечено на первой учётной пробной площадке в третьей полезащитной лесополосе, где освещённость составляет 7500 лк.

Встречаемость самосева *Acer tataricum* L. во второй полезащитной лесополосе составляет 30 %, а в третьей полезащитной лесополосе – 67 %. Это объясняется тем, что средняя освещённость на пробных учётных площадках, где обнаружен

самосев *Acer tataricum* L. во второй полезащитной лесополосе составляет 4175 лк, а в третьей – 11577,8 лк.

Подроста *Quercus robur* L. отмечено незначительное количество до 2 шт. в каждой полезащитной лесополосе, встречаемость его составляет 20 % от общего количества. Благонадёжный подрост встречается при суммарном освещении от 6250 до 5850 лк, а сомнительный – при освещении 3500 лк. Подрост размещался в основном в просветах полезащитной лесополосы под пологом древостоя, но не под сплошным пологом и не на полностью открытых местах. Под сплошным пологом самосев *Quercus robur* L. был сомнительный и имел плохой рост и отмершую надземную часть, что обусловлено

недостатком света. Благонадёжный подрост по жизненному состоянию отмечался на местах с возвышенными участками с боковым освещением. Нами выявлено, что самосев преимущественно встречался в периферийной части опушки вследствие упрощения структуры древостоя и уменьшения густоты насаждения. Центральный ряд лесополосы занимает в основном *Fraxinus excelsior* L., который усыхает, что приводит к частичному изреживанию древостоя и притоку света в лесополосу. При этом разрастание травянистой растительности практически не отмечено, так как её разрастание задерживает *Prunus mahaleb* L. и *Lonicera tatarica* L. В данном случае для улучшения роста и развития самосева дуба черешчатого рекомендуем вырубку густого подлеска.

Таблица 2

Статистическая обработка данных зависимости количества подроста от освещённости
(уровень значимости $\alpha = 0,05$)

Table 2

Statistical processing of data on the relationship between the number of shoots and illumination
(significance level $\alpha = 0.05$)

Переменные	Среднее значение	Стандартное отклонение	Количество значений	Ошибка стандартного отклонения	t-критерий Стьюдента	Число степеней свободы, (k)	p-значение
Variables	Mean	Standard Deviation	Number of Observations	Standard Error of the Mean	Student's t-test	Degrees of Freedom (k)	p-value
1	2	3	4	5	6	7	8
Первая полезащитная лесополоса/The First Shelterbelt							
1.	10	5,85	10	1,85	5,246	9	0,00053
2.	3760	1764,59	10	558,01	6,738	9	0,00008
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
Вторая полезащитная лесополоса/The Second Shelterbelt/The Second Shelterbelt							
1.	5	2,60	10	0,82	6,199	9	0,00016
2.	4175	2745,42	10	868,18	4,809	9	0,00096
Третья полезащитная лесополоса/ The Third Shelterbelt							
1.	5	5,37	18	1,26	4,172	17	0,00064
2.	11577,8	16590,20	18	3910,35	2,961	17	0,00875

Примечание: 1 - количество особей, (шт.); 2 - освещённость, лк

Note: 1 - number of individuals, (pcs.); 2 - illumination, lx

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

При статистической обработке данных по критерию Стьюдента (зависимости количества особей от освещенности) было выявлено, что p-значение во всех вариантах меньше уровня значимости ($\alpha = 0,05$).

Естественные науки и лес

Следовательно, различия обнаружены на высоком уровне статистической значимости (табл. 2). Нами осуществлён анализ подраста по категориям крупности во всех изучаемых полезащитных лесополосах (табл. 3).

Таблица 3

Распределение подраста по категориям крупности в полезащитных лесополосах ГУП ЛНР
«Агрофонд»

Table 3

Distribution of undergrowth by size category in field-protecting forest belts of the
LPR State Unitary Enterprise «Agrofond»

Название древесно-кустарниковой породы	Высота по категориям крупности, шт. на пробной площади			
	мелкий (до 0,5 м)	средний (0,51-1,5 м)	крупный (более 1,5 м)	Всего
1	2	3	4	5
Полезащитная лесополоса №1				
Первая круговая учетная площадка/ First Circular Sampling Plot				
<i>Lonicera tatarica</i> L.	1	–	–	1
Вторая круговая учетная площадка / Second Circular Sampling Plot				
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	–	1	–	1
<i>Pyrus communis</i> L.	1	–	–	1
<i>Prunus mahaleb</i> L.	2	1	–	3
Третья круговая учетная площадка/ Third Circular Sampling Plot				
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	1	–	–	1
<i>Prunus mahaleb</i> L.	7	–	–	7
Четвертая круговая учетная площадка/ Fourth Circular Sampling Plot				
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	1	1	–	2
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	1	–	–	1
<i>Prunus mahaleb</i> L.	11	2	–	13
<i>Quercus robur</i> L.	1	–	–	1
Пятая круговая учетная площадка/ Fifth Circular Sampling Plot				
<i>Prunus mahaleb</i> L.	14	–	–	14
<i>Quercus robur</i> L.	1	–	–	1
Шестая круговая учетная площадка/ Sixth Circular Sampling Plot				
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	–	1	–	1
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	2	–	–	2
<i>Prunus mahaleb</i> L.	9	1	–	10
Седьмая круговая учетная площадка/ Seventh Circular Sampling Plot				
<i>Prunus mahaleb</i> L.	10	–	–	10
<i>Pyrus communis</i> L.	4	–	–	4
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	1	–	–	1
<i>Lonicera tatarica</i> L.	–	1	–	1
Восьмая круговая учетная площадка/ Eighth Circular Sampling Plot				
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	2	–	–	2
<i>Lonicera tatarica</i> L.	1	–	–	1
Девятая круговая учетная площадка/ Ninth Circular Sampling Plot				
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	1	–	–	1
<i>Prunus mahaleb</i> L.	7	2	–	9
<i>Lonicera tatarica</i> L.	–	1	–	1
Десятая круговая учетная площадка/ Tenth Circular Sampling Plot				
<i>Prunus mahaleb</i> L.	5	–	–	5
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	–	1	–*	1
Всего/ Total:	83	12	–	95

Примечание:* подраста данной категории крупности не выявлено

Note:* no growth of this size category was detected

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

Во всех лесополосах отмечено преобладание мелкого подроста по сравнению со средним и крупным. Во второй полевозащитной лесополосе доля мелкого подроста составляет 87,5 % от общего количества, доля среднего подроста – 12,5 %, а крупный подрост отсутствует. Причинами не перехода мелкого подроста в крупный в условиях Луганской Народной Республики можно объяснить двумя причинами, а именно, недостатком влаги в почве в летне-осенний период и сильным разрастанием подлеска в лесополосах.

Для Луганской Народной Республики конструкция полевозащитных лесополос должна быть

продуваемая или ажурно-продуваемая, где доля кустарника не превышает 25 %. Ранее при изучении подроста в лесопарковой части парка-памятника садово-паркового искусства «Острая Могила» был отмечен подрост всех категорий крупности. Это свидетельствует о том, что в лесопарках сохраняются лучшие условия для его роста и развития за счёт накопления большего количества влаги [3]. *Quercus robur* L. – светолюбивая порода, которая не может развиваться в затенении вследствие чего погибает или образует «торчки». Нами была выявлена зависимость наличия и состояния самосева *Quercus robur* L. от густоты материнского древостоя (табл. 4).

Таблица 4

Густота материнского древостоя и состояние самосева дуба черешчатого

Table 4

Density of the mother stand and condition of the self-sowing of the sweet cherry oak

№ п/п полевозащитной лесополосы	Номер пробной повторности	Количество деревьев на 1 га, шт./га	Густота древостоя	Жизнеспособность самосева
Shelterbelt No.	Sample Plot Replicate No.	Number of Trees per 1 ha, units/ha	Stand Density	Seedling Viability
1	Первая/ First"	327	Средней густоты/ Medium density	Благонадёжный/ Reliable
	Вторая/ Second"	298	Средней густоты /Medium density	Благонадёжный/ Reliable
2	Первая/ First"	690	Густой /Dense	–
	Вторая/ Second"	426	Густой /Dense	Благонадёжный/ Reliable
3	Первая/ First"	286	Средней густоты/ Medium density	–
	Вторая/Second"	280	Средней густоты /Medium density	–
	Третья/ Third	783	Густой /Dense	Сомнительный/Doubtful
	Четвёртая/ Fourth	208	Средней густоты/ Medium density	–*
			Средней густоты /Medium density	

Примечание. *самосева не выявлено

Note. no self-seeding was detected

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

В результате исследований установлено, что при густоте древостоя от 208 до 286 шт./га (средняя густота) самосева *Quercus robur* L. не наблюдается. При увеличении количества деревьев в древостое от 298-327 шт./га (средняя густота) до 426 шт./га (густой древостой) по жизненному состоянию самосев *Quercus robur* L. благонадёжный. При густом древостое (783 шт./га) самосев преимущественно сомнительный. Древостой в указанных полевых защитных лесополосах старовозрастной, который характеризуется разреженной структурой, а значит оптимальными условиями для развития самосева данной породы. Тогда как загущенность древесного яруса в третьей полевой защитной лесополосе (третья повторность) не способствует его росту, поэтому необходимо проведение лесоводческих мероприятий, а именно, прореживание сопутствующих пород и частичная вырубка подлеска. Густота древостоя 208, 280 и 286 шт./га не способствует появлению всходов, так как сильно изреженный древостой пропускает много солнечного света, который иссушает почву и не даёт возможности прорасти семенам.

Освещённость и густота древостоя взаимосвязаны между собой и влияют на жизненное состояние самосева всех древесно-кустарниковых пород, произрастающих на учётных площадках, в то время как влажность почвы и масса листового опада больше влияют на проращение их семян. Благонадёжный подрост *Quercus robur* L. был выявлен преимущественно на периферийной части опушки, где есть боковое освещение. В средней части лесополосы, при густом древостое, самосев всех обнаруженных пород неблагонадёжный, так как недостаточный уровень освещённости, рыхлый листовая опад слабо разлагается, накапливается твёрдый листовая опад. На открытых опушках подрост всех древесно-кустарниковых пород сомнительный и его меньшее количество, так как освещённость составляет уже 42-50000 лк и влага в верхних слоях почвы не сохраняется. При густом древостое наблюдаются следующие процессы: уменьшение освещённости под материнским древостоем, увеличение твёрдого листового опада, накопление влаги. В древостое среднем по густоте и

в зонах между материнским древостоем и опушкой сохраняется влага и уровень освещённости достаточный для протекания процессов разложения рыхлого листового опада, что благоприятно влияет на появление всходов древесно-кустарниковых пород. Кроме того, за опушкой скорость ветра падает, и процессы испарения влаги с поверхности почвы замедляются.

В степной зоне, как правило, лето жаркое, сухое с небольшим количеством осадков, а максимальное количество осадков выпадает в весенний и осенний период. Летом выпадают осадки ливневого характера, что усиливает поверхностный сток. В связи, с чем влага является лимитирующим фактором для возобновления растительности и тем самым, оказывает влияния на биомассу лесного фитоценоза. При увеличении периода засух, что наблюдается в последнее время, деревьям тяжелее конкурировать с кустарниковой и травянистой растительностью за влагу, что обусловлено особенностями размещения корневой системы в почве. В результате проведенных исследований выявлено, заметное отличие во влажности почвы в контроле и в зоне влияния полевой защитной полосы (табл. 5).

Наилучшие показатели влажности почвы были отмечены на подветренной стороне лесополосы, чем на наветренной стороне и у контроля. Так на наветренной стороне у первой лесополосы среднее значение продуктивной влаги составило $32,20 \pm 8,02$ мм, а на подветренной – $41,06 \pm 6,77$ мм. Тогда как в контроле – $-90,54 \pm 5,02$ мм. Запас продуктивной влаги во второй лесополосе на наветренной стороне составил $2,41 \pm 6,18$ мм, на подветренной стороне – $68,08 \pm 9,95$ мм, контроль – $77,63 \pm 8,27$ мм. Запас продуктивной влаги на наветренной стороне третьей полевой защитной лесополосы составил $11,28 \pm 9,73$ мм, на подветренной – $79,53 \pm 5,90$ мм, контроль – $-5,5 \pm 9,30$ мм. Во всех трёх полевых защитных лесополосах происходит накопление влаги по сравнению с контролем, которая задерживается корнями древесно-кустарниковой растительности. С наветренной стороны полевых защитные лесополосы задерживают ветра юго-восточного направления,

которые весной сопровождаются суховеями, поэтому и показатели полевой влажности и запаса продуктивной влаги меньше, чем с подветренной. Полевая влажность во второй полевзащитной лесополосе практически одинакова с контролем, что можно объяснить большей долей кустарниковых

пород в лесополосе, а как следствие, низким показателем возобновления древесных пород в ней. В целом при мощности слоя почвы 0-100 см запас продуктивной влаги меньше 60 мм свидетельствует о недостаточной обеспеченности территории влагой.

Таблица 5

Запас продуктивной влаги в почве в зоне и за зоной влияния полевзащитной лесополосы

Table 5

The reserve of productive moisture in the soil in the zone and beyond the zone of influence of the field-protecting forest belt

Показатель / Parameter	Контроль / Control	Наветренная сторона / Windward Side	Подветренная сторона / Leeward Side
Лесополоса 1 / Shelterbelt 1			
Полевая влажность, % / Field Moisture, % (0-100 см)	7,14 ± 1,64	16,52 ± 2,51	17,56 ± 1,81
Запас продуктивной влаги, мм / Plant-Available Water Storage, mm (0-100 см)	-90,54 ± 5,02	32,20 ± 8,02	41,06 ± 6,77
Лесополоса 2 / Shelterbelt 2			
Полевая влажность, % / Field Moisture, % (0-100 см)	19,81 ± 2,62	17,41 ± 3,66	19,40 ± 2,76
Запас продуктивной влаги, мм / Plant-Available Water Storage, mm (0-100 см)	77,63 ± 8,27	2,41 ± 6,18	68,08 ± 9,95
Лесополоса 3 / Shelterbelt 3			
Полевая влажность, % / Field Moisture, % (0-100 см)	12,70 ± 3,14	14,34 ± 3,00	20,50 ± 1,77
Запас продуктивной влаги, мм / Plant-Available Water Storage, mm (0-100 см)	-15,50 ± 9,30	11,28 ± 9,73	79,53 ± 5,90

Примечание: Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение по трём пробам / Note: Data are presented as mean value ± standard deviation for three samples.

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

При статистической обработке данных по критерию Стьюдента (зависимости количества особей от полевой влажности и запаса продуктивной влаги) было выявлено, что р-значение зависимости количества особей от полевой влажности меньше уровня значимости ($\alpha = 0,05$) (табл. 6).

Следовательно, различия обнаружены на высоком уровне статистической значимости (табл. 6). Тогда как при статистической обработке зависимости количества особей от запаса продуктивной влаги р-значение больше уровня значимости, а значит, данные не достоверны. Это связано с тем, что у самосева ещё слабая корневая система, которая располагается в верхних слоях

почвы, поэтому полевая влажность это показатель, который более значим для них.

Как известно, фактором, отрицательно влияющим на появление всходов *Quercus robur* L. в низкополотных насаждениях является уменьшение влажности лесной подстилки [24]. Г.Г. Юнаш считает, что при упрощении структуры насаждения условия для появления всходов ухудшаются, а для их роста и развития улучшаются. Лучшие условия для роста и развития всходов *Quercus robur* L. проявляются в третьей полевзащитной лесополосе, где масса листового опада в осенний период наибольшая и составляет 239,0 г.

Наименьшая масса листового опада до сушки была выявлена во второй и первой полевзащитной лесополосе – 102,67 г и 110,98 г соответственно (табл. 7).

Таблица 6

Статистическая обработка данных зависимости количества подроста от полевой влажности и запаса продуктивной влаги (уровень значимости $\alpha = 0,05$)

Table 6

Statistical processing of data on the dependence of the number of seedlings on field moisture and productive moisture reserves (significance level $\alpha = 0.05$)

Переменные / Variables	Среднее значение / Mean Value	Стандартное отклонение / Standard Deviation	Количество значений / Number of Values	Ошибка стандартного отклонения / Standard Error of	t-критерий Стьюдента / Student's t-test	Число степеней свободы (k) / Degrees of Freedom (k)	p-значение / p-value
*1	16,52	3,87	3	2,24	7,39	2	0,018
2	17,56	1,62	3	0,93	18,83	2	0,003
3	41,07	22,11	3	12,76	3,22	2	0,085
4	32,20	42,25	3	24,40	1,32	2	0

Примечание: *1 - зависимость количества особей (шт.) от полевой влажности (наветренная сторона); 2 - зависимость количества особей (шт.) от полевой влажности (подветренная сторона); 3 - зависимость количества особей (шт.) от запаса продуктивной влаги (подветренная сторона); 4 - зависимость количества особей (шт.) от запаса продуктивной влаги (наветренная сторона)

Note: dependence of the number of individuals (pcs.) on field humidity (windward side); 2 - dependence of the number of individuals (pcs.) on field humidity (leeward side); 3 - dependence of the number of individuals (pcs.) on productive moisture reserve (leeward side); 4 - dependence of the number of individuals (pcs.) on productive moisture reserve (windward side)

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

Таблица 7

Листоной опад в полезащитных лесополосах в осенний и весенний периоды
Table 7
Leaf litter in field-protecting forest belts in autumn and spring

№ п/п полезащитной лесополосы / No. of Shelterbelt	Период отбора проб (осень), г / Sampling Period (Autumn), g			Период отбора проб (весна), г / Sampling Period (Spring), g		
	вес до сушки, г / Weight Before Drying, g	вес после сушки, г / Weight After Drying, g	масса испарившейся влаги, г / Mass of Evaporated Moisture, g	вес до сушки, г / Weight Before Drying, g	вес после сушки, г / Weight After Drying, g	масса испарившейся влаги, г / Mass of Evaporated Moisture, g
1.	110,987	89,67	21,31	78,00	68,16	9,84
2.	102,670	85,067	17,603	73,20	50,44	22,76
3.	239,0042	178,6058	60,3984	82,10	70,11	11,99

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

За осень и зиму происходит разложение и гумификация листового опада за счёт микроорганизмов и других организмов. Микроорганизмы сначала расщепляют сложные органические соединения, такие как целлюлоза и лигнин, на более простые молекулы. Разложение листового опада играет важную роль в биологическом круговороте веществ и в поддержании плодородия почвы. Максимальная масса листового опада до сушки и после сушки в весенний период наблюдается в третьей полезащитной лесополосе – 82,10 г.

В осенний период отбора проб масса листового опада больше, чем в весенний период. Таким образом, можно сделать вывод, чем больше влаги скапливается в листе, тем больше они имеют вес и на меньшее расстояние разносятся ветром, а значит, лист плотнее ляжет на почву. В то же время уплотнение крупного листа как у *Quercus robur* L. будет способствовать ухудшению прорастания желудя.

На протяжении трёх лет исследований (2019-2021 гг.) масса листового опада каждый год снижается.

Таблица 8
Масса листового опада за три года

Table 8
Leaf litter mass over three years

№ п/п полезационной лесополосы/ No. of Shelterbelt	Период отбора проб, г/ Sampling Period, g		
	2019	2020	2021
1.	132,50	110,98	110,20
2.	110,67	102,67	100,35
3.	243,54	239,00	236,00

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Это связано с тем, что большая часть древостоя со временем выпало и состояние *Fraxinus excelsior* L. можно считать удовлетворительным или неудовлетворительным (табл. 8).

Согласно М.Н. Фисуну и М.М. Чемазкову скорость впитывания выпадающих осадков и глубина промачивания почвы на участках, где опад листьев ежегодно убирают, на 15-35 % ниже, чем при оставлении опада на месте. В условиях степной зоны нами выявлена следующая закономерность, чем больше листового опада накапливается, тем больше влаги останется в почве осенью, и тем быстрее будут идти процессы разложения листвы. Кроме того, в условиях Луганской Народной Республики зачастую август и сентябрь, жаркие и воды в листьях мало, что не способствует их разложению. Если сравнивать вес листового опада осенью и весной, то в третьей полезационной лесополосе процесс разложения протекал быстрее, чем в первой и второй лесополосе, так как было больше листьев и влаги под ними.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено, что подрост преимущественно мелкий по крупности и представлен: *Fraxinus excelsior* L., *Prunus mahaleb* L., *Pyrus communis* L., *Ulmus parvifolia* Jacq., *Lonicera tatarica* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer tataricum* L., *Ligustrum vulgare* L. В первой полезационной лесополосе формула подроста 8ВМЯсобГроб+ЖтВ3МДчАКБедБИО, во второй лесополосе – 6ВМ2КлтВ3МЯсоб+Дч, в третьей лесополосе – 5Клт2Ясоб2ВМАКБ+Дч. Наибольшее суммарное количество подроста среди всех изучаемых лесополос отмечено в третьей полезационной лесополосе – 97 шт. с преобладанием подроста *Prunus mahaleb* L. – 72 шт. при средней освещенности 3760 лк. При увеличении средней освещенности (11577,8 лк) выявлено увеличение подроста *Acer tataricum* L. до 46 шт. и уменьшение подроста *Prunus mahaleb* L. до 18 шт.

Подроста *Quercus robur* L. отмечено незначительное количество до 2 шт. в каждой полезационной лесополосе, встречаемость его составляет 20 % от общего количества. Благонадёжный подрост встречается при суммарном освещении от 6250 до 5850 лк, а сомнительный – при освещении 3500 лк.

Во всех лесополосах отмечено преобладание мелкого подроста по сравнению со средним и крупным. Во второй полезационной лесополосе доля мелкого подроста составляет 87,5 % от общего количества, доля среднего подроста – 12,5 %, а крупный подрост отсутствует. Причинами не перехода мелкого подроста в крупный в условиях Луганской Народной Республики можно объяснить двумя причинами, а именно, недостатком влаги в почве в летне-осенний период и сильным разрастанием подлеска в лесополосах.

Освещенность и густота древостоя взаимосвязаны между собой и влияют на жизненное состояние самосева всех древесно-кустарниковых пород, произрастающих на учётных площадках, в то время как влажность почвы и масса листового опада больше влияют на прорастание их семян.

Лучшие условия для роста и развития всходов *Quercus robur* L. проявляются в третьей

полезащитной лесополосе, где масса листового опада в осенний период наибольшая и составляет 239,0 г. Наименьшая масса листового опада до сушки выявлена во второй и первой полеззащитной лесополосе 102,67 г и 110,98 г соответственно.

Во всех трёх полеззащитных лесополосах происходит накопление влаги по сравнению с контролем (открытое пространство), которая задерживается корнями древесно-кустарниковой растительности. Однако, влаги в весенний период в почве полеззащитных лесополос недостаточно для успешного возобновления самосева.

При густоте древостоя от 208 до 286 шт./га (средняя густота) самосева *Quercus robur* L. не наблюдается. При густом древостое (783 шт./га) самосев преимущественно сомнительный. При увеличении количества деревьев в древостое от 298-327 шт./га (средняя густота) до 426 шт./га (густой древостой) по жизненному состоянию самосев *Quercus robur* L. благонадёжный. Густота древостоя 208, 280 и 286 шт./га не способствует появлению всходов, так как сильно изреженный древостой пропускает много солнечного света, который иссушает почву и не даёт возможности прорасти семенам.

Список литературы

1. Huang C., Fu S., Tong Y., Ma X., Yuan F., Ma Y., Feng C., Liu H. Impacts of Forest Management on the Biodiversity and Sustainability of *Carya dabieshanensis* Forests. *Forests*. 2023; 14 (7): 1331. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f14071331>.
2. Kholdaenko Y.A., Belokopytova L.V., Zhirnova D.F., Upadhyay K.K., Tripathi S.K., Koshurnikova N.N., Sobachkin R.S., Babushkina E.A., Vaganov E.A. Stand density effects on tree growth and climatic response in *Picea obovata* Ledeb. plantations. *Forest Ecology and Management*. 2022; 519: 120349. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120349>.
3. Tyminska-Czabańska L., Hawryło P., Janiec P., Socha J. Tree height, growth rate and stand density determined by ALS drive probability of Scots pine mortality. *Ecological Indicators*. 2022; 145: 109643. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109643>.
4. Liu L., Schuster G.L., Moosmüller H., Stamnes S., Cairns B., Chowdhary J. Optical properties of morphologically complex black carbon aerosols: Effects of coatings. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*. 2022; 281: 108080. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2022.108080>.
5. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В. Динамика сумм площадей сечений и запасов в культурах сосны разной начальной густоты. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2023; 243: 120-135. – DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.243.120-135>.
6. Лебедев А.В., Кузьмичев В.В. Таксационные показатели сосновых древостоев по данным долговременных наблюдений. *Сибирский лесной журнал*. 2023; 2: 3-16. – DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20230201>.
7. Лебедев А.В. Динамическая модель роста и производительности сосновых древостоев (*Pinus sylvestris* L.) Унженской низменности. *Лесотехнический журнал*. 2024; 14 (3): 127-151. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/8>.
8. Грабарник П.Я., Шанин В.Н., Чертов О.Г. [и др.]. Моделирование динамики лесных экосистем как инструмент прогнозирования и управления лесами. *Лесоведение*. 2019; 6: 488-500. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S0024114819030033>.
9. Cheng F., Ajo-Franklin J.B., Rodriguez Tribaldos V. High-resolution near-surface imaging at the basin scale using dark fiber and distributed acoustic sensing: Towards site effect estimation in urban environments. *J. Geophys. Res. Solid Earth*. 2023; 128 (9): e2023JB026957. – DOI: <https://doi.org/10.1029/2023JB026957>.
10. Способ оценки естественного возобновления леса: пат. 000224_000128_0002081557_19970620_C1 РУ / Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства. – опубл. 20.06.1997. – МПК A01G 23/00.
11. Tyminska-Czabańska L., Janiec P., Hawryło P., Ślopek J., Zielonka A., Netzel P., Janczyk D., Socha J. Modeling the effect of stand and site characteristics on the probability of mistletoe infestation in Scots pine stands using remote sensing data. *Forest*

- Ecosystems. 2024; 11: 100191. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100191>.
12. Morin R.S., Healey S.P., Prisley S., Randolph K.C., Westfall J.A., Gray A.N. Editorial: Monitoring and responding to global change to promote resilient and productive forests through innovative forest inventory. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2023; 6. – DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1168453>.
 13. Chekanyshkin A.S. Growth and Condition of the English Oak in the Mixed Stands of Forest Shelterbelts. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2024; 3: 65-72. – DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-3-65-72>.
 14. Fajardo D., Angioni C., Casson F.J., Field A.R., Maget P., Manas P., ASDEX Upgrade Team, JET Contributors. Analytical model for the combined effects of rotation and collisionality on neoclassical impurity transport. *Plasma Physics and Controlled Fusion*. 2023; 65 (3): 035021. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/acb0fc>.
 15. Lukina N.V., Geraskina A.P., Gornov A.V. [et al.]. Biodiversity and climate-regulating functions of forests: current issues and research prospects. *Forest Science Issues*. 2021; 4 (1): 1. – DOI: <https://doi.org/10.31509/2658-607x-202141k-60>.
 16. Семенов М.А., Высоцкий А.А., Пащенко В.И. Прогноз адаптивных приспособлений в лесном хозяйстве в связи с возможными климатическими изменениями. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2019; 5 (371): 57-69. – DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.5.57>.
 17. Коломыц Э.Г. Мониторинг устойчивого развития лесных экосистем на современном этапе глобального потепления. *География и природные ресурсы*. 2024; 45 (3): 5-16. – DOI: <https://doi.org/10.15372/GIPR20240301>.
 18. Усольцев В.А. Биоразнообразие и биопродуктивность лесов в контексте климатогенной биогеографии. *Эко-потенциал*. 2019; 1 (25): 48-115.
 19. Ostarin A., Barbeito I., Elfving B., Johansson U., Nilsson U. Varying rectangular spacing yields no difference in forest growth and external wood quality in coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management*. 2021; 489: 119040. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119040>.
 20. Sundriyal R.C., Joshi V.C., Negi V.S. Natural Regeneration Dynamics of Himalayan Forests: Implications for Landscape Restoration. *Ecological Restoration*. 2025; 43 (1): 25-42. – DOI: <https://doi.org/10.3368/er.43.1.25>.
 21. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов / Под редакцией Е.С. Павловского и М.И. Долгилевича. М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.

References

1. Huang C., Fu S., Ma X., He X., Zhou C., Feng L., Zhang H. The Effect of Stand Density, Biodiversity, and Spatial Structure on Stand Basal Area Increment in Natural Spruce-Fir-Broadleaf Mixed Forests. *Forests*. 2022; 13 (2): 162. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f13020162>.
2. Kholdaenko Yu.A., Tripathi S.K., Belokopytova L.V., Sobachkin R.S., Zhirnova D.F., Upadhyay K.K., Koshurnikova N.N., Vaganov E.A., Babushkina E.A. Stand density effects on tree growth and climatic response in *Picea obovata* Ledeb. plantations. *Forest Ecology and Management*. 2022; 519: 120349. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120349>.
3. Tyminska-Czabańska L., Nawryło P., Socha J. Assessment of the effect of stand density on the height growth of Scots pine using repeated ALS data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2022; 112: 102763. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102763>.
4. Liu D., Zhang X., He X., Zhou C., Feng L., Zhang H. The Effect of Stand Density, Biodiversity, and Spatial Structure on Stand Basal Area Increment in Natural Spruce-Fir-Broadleaf Mixed Forests. *Forests*. 2022; 13 (2): 162. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f13020162>.
5. Dubenok N.N., Lebedev A.V. Growth and yield of pine plantations of different initial densities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1010 (1): 012134. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012134>.

6. Lebedev A.V., Kuzmichev V.V. Taktsatsionnyye pokazateli sosnovykh drevostoyev po dannym dolgovremennykh nablyudeniyy [Taxation indicators of pine stands according to long-term observations]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal = Siberian Forest Journal*. 2023; 2: 3-16. (In Russ.). – DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20230201>.
7. Lebedev A.V. Dinamicheskaya model' rosta i proizvoditel'nosti sosnovykh drevostoyev (*Pinus sylvestris* L.) Unzhenskoy nizmennosti [Dynamic model of growth and productivity of pine stands (*Pinus sylvestris* L.) of the Unzhenskaya lowland]. *Lesotekhnicheskyy zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2024; 14 (3): 127-151. (In Russ.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/8>.
8. Grabarnik P.Ya., Shanin V.N., Chertov O.G. [i dr.] Modelirovaniye dinamiki lesnykh ekosistem kak instrument prognozirovaniya i upravleniya lesami [Modeling of forest ecosystem dynamics as a tool for forest forecasting and management]. *Lesovedeniye = Forest Science*. 2019; 6: 488-500. (In Russ.). – DOI: <https://doi.org/10.1134/S0024114819030033>.
9. Cheng H., Fu S., Ma X., Ma Y., Feng C., Tong Y., Yuan F., Liu H. Impacts of Forest Management on the Biodiversity and Sustainability of *Carya dabieshanensis* Forests. *Forests*. 2023; 14 (7): 1331. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f14071331>.
10. Sposob otsenki yestestvennogo vozobnovleniya lesa: pat. 000224_000128_0002081557_19970620_C1 RU / Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut lesovodstva i mekhanizatsii lesnogo khozyaystva [Method for assessing natural forest regeneration: pat. 000224_000128_0002081557_19970620_C1 RU / All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization]. – opubl. 20.06.1997. – MPK A01G 23/00. (In Russ.).
11. Tyminińska-Czabańska L., Janiec P., Hawryło P., Ślopek J., Zielonka A., Netzel P., Janczyk D., Socha J. Modeling the effect of stand and site characteristics on the probability of mistletoe infestation in Scots pine stands using remote sensing data. *Forest Ecosystems*. 2024; 11: 100191. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100191>.
12. Morin R.S., Healey S.P., Prisley S., Randolph K.C., Westfall J.A., Gray A.N. Editorial: Monitoring and responding to global change to promote resilient and productive forests through innovative forest inventory. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2023; 6: 1168453. – DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1168453>.
13. Chekanyshkin A.S. Growth and Condition of the English Oak in the Mixed Stands of Forest Shelterbelts. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2024; 3: 65-72. – DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-3-65-72>.
14. Fajardo A., Moreno-Meynard P., Soto D.P. Forest stand dynamics of a short-stature tree species: Ecological knowledge for sustainable forest management. *Journal of Applied Ecology*. 2023; 60 (5): 856-867. – DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14662>.
15. Lukina N.V., Geraskina A.P., Gornov A.V. [et al.] Biodiversity and climate-regulating functions of forests: current issues and research prospects. *Forest Science Issues*. 2021; 4 (1): 1-45. – DOI: <https://doi.org/10.31509/2658-607x-202141k-60>.
16. Semenov M.A., Vysotskiy A.A., Pashchenko V.I. Prognoz adaptivnykh prisposobleniy v lesnom khozyaystve v svyazi s vozmozhnymi klimaticheskimi izmeneniyami [Forecast of adaptive adaptations in forestry due to possible climate changes]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal = Proceedings of Higher Educational Institutions. Forest Journal*. 2019; 5 (371): 57-69. (In Russ.). – DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.5.57>.
17. Kolomyts E.G. Monitoring ustoychivogo razvitiya lesnykh ekosistem na sovremennom etape global'nogo potepleniya [Monitoring of sustainable development of forest ecosystems at the present stage of global warming]. *Geografiya i prirodnyye resursy = Geography and Natural Resources*. 2024; 45 (3): 5-16. (In Russ.). – DOI: <https://doi.org/10.15372/GIPR20240301>.
18. Usol'tsev V.A. Bioraznoobraziye i bioproduktivnost' lesov v kontekste klimatogennoy biogeografii [Biodiversity and bioproductivity of forests in the context of climatogenic biogeography]. *Eko-potentsial = Eco-Potential*. 2019; 1 (25): 48-115. (In Russ.).

19. Ostarin A., Barbeito I., Elfving B., Johansson U., Nilsson U. Varying rectangular spacing yields no difference in forest growth and external wood quality in coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management*. 2021; 489: 119040. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119040>.
20. Sundriyal R.C., Joshi V.C., Negi V.S. Natural Regeneration Dynamics of Himalayan Forests: Implications for Landscape Restoration. *Ecological Restoration*. 2025; 43 (1): 25-42. – DOI: <https://doi.org/10.3368/er.43.1.25>.
21. Metodika sistemnykh issledovaniy lesoagrarnykh landshaftov / Pod redaktsiyey Ye.S. Pavlovskogo i M.I. Dolgilevicha [Methodology of system research of forest-agrarian landscapes / Edited by E.S. Pavlovsky and M.I. Dolgilevich]. М.: VASKhNIL, 1985. – 112 s. (In Russ.).

Сведения об авторах

Грибачева Олеся Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова, кв. Якира, д.3, кв.22, г. Луганск, 291050, Луганская Народная Республика, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5428-143X>, e-mail: kafles78@mail.ru

Гаврилюк Юлия Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» «Институт гражданской защиты», кв. Дзержинского, д.6, кв. 126, г. Луганск, 291042, Луганская Народная Республика, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3897-3222>, e-mail: juliagavriluk2023@yandex.ru

Конец Юрий Витальевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» «Институт гражданской защиты», ул. Коммунарская, 128, г. Луганск, Луганская Народная Республика, e-mail: Yura_87-87@mail.ru

Information about the authors

Olesya V. Gribacheva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “K.E. Voroshilov Lugansk State Agrarian University, 3 Yakira Square, Apt. 22, Lugansk, 291050, Lugansk People’s Republic, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5428-143X>, e-mail: kafles78@mail.ru

Yulia V. Gavriluk – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, «V. Dal Lugansk State University» «Institute of Civil Protection», Dzerzhinskogo Square, 6, Apt. 126, Lugansk, 291042, Lugansk People's Republic, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3897-3222>, e-mail: juliagavriluk2023@yandex.ru

Yuriy V. Kопets – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «V. Dal State University» «Institute of Civil Protection», 128 KommunarSKaya Street, Lugansk, Lugansk People’s Republic, e-mail: Yura_87-87@mail.ru