УДК 630*231:582.681.81(470.12)

Д.С. Трошин, Д.М. Мирин

ВЛИЯНИЕ СОХРАНЕНИЯ *POPULUS TREMULA* НА ВЫРУБКАХ ЕЛЬНИКОВ КИСЛИЧНЫХ НА ДИНАМИКУ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕЧЕНИЕ 15 ЛЕТ

Введение. В современной практике лесопользования Российской Федерации доминирующее положение занимают сплошные рубки, составляющие приблизительно 84% от совокупного объема лесозаготовок[1]. Данная парадигма лесоэксплуатации влечет за собой каскад экологических последствий, включая радикальную трансформацию лесных ландшафтов, фрагментацию биотопов и упрощение структурно-функциональной организации лесных фитоценозов [Крышень, Гнатюк, 2004; Федорчук и др., 2005; Крышень, 2011; Говорушко, 2014].

Постэксплуатационный период характеризуется существенными модификациями лесной экосистемы, затрагивающими ключевые абиотические факторы. Наблюдается интенсификация инсоляции, что провоцирует дестабилизацию гидротермического режима и нарушение процессов формирования лесной подстилки – важнейшего компонента эдафотопа [Федорчук и др., 2005; Мартынов и др., 2008; Крышень, 2011]. Эти изменения инициируют сукцессионные процессы, кардинально меняющие траекторию развития лесного биогеоценоза.

В свете вышеизложенных проблем актуализируется необходимость исследования и внедрения альтернативных подходов к лесопользованию, направленных на минимизацию антропогенной нагрузки на лесные экосистемы и сохранение их биологического разнообразия. Одной из перспективных стратегий является концепция «variable retention» (удерживающего, или ретенционного, лесоводства), в частности, практика сохранения определенного количества деревьев, например, *Populus tremula* L., на вырубках [Багаев и др., 2016; Martínez Pastur et al., 2020]. Этот подход потенциально способен обеспечить экологическую континуальность и ускорить процессы восстановления лесной среды.

---

[1] Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2018 №1989-р (ред. от 28.02.2019) «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года»

Цель исследования – выявить особенности влияния сохранения *Populus tremula* на динамику древесных компонентов в ходе 15-летней сукцессии на вырубках ельников кисличных в Вологодской области.

Предметом настоящего исследования выступает динамика древесных компонентов на 15-летних вырубках ельников кисличных, а объектом – влияние сохранения осины на эту динамику в условиях бореальных лесов Вологодской области.

Теоретическая значимость работы заключается в расширении научных представлений о процессах автогенной сукцессии и механизмах естественного лесовосстановления. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования полученных результатов для разработки более эффективных и экологически обоснованных методов лесопользования и лесовосстановления. Это может способствовать оптимизации лесохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение биоразнообразия и повышение устойчивости лесных экосистем к антропогенным воздействиям.

Материалы и методика исследования. Исследование проведено в Бабаевском районе Вологодской области (рис. 1), в ельниках кисличных (Piceetum oxalidosum) и на вырубках на их месте.

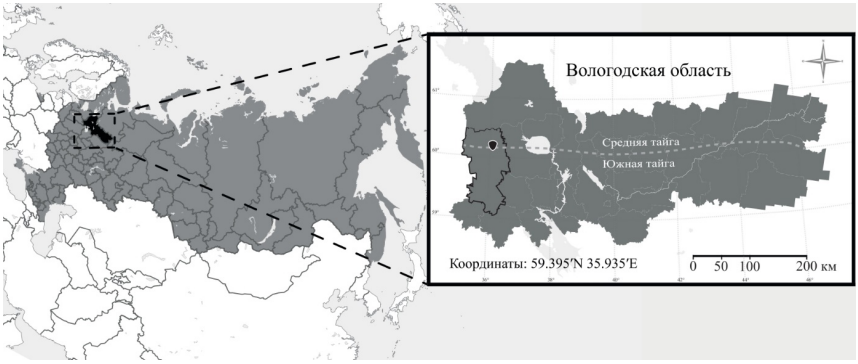

Рис. 1. Карта-схема расположения Вологодской области и Бабаевского района. (Слева – территория России и соседних стран; справа – Вологодская область с выделенной территорией Бабаевского района на западе области. Пунктирной линией обозначена условная граница между средней и южной подзонами тайги. Черной точкой обозначено место исследования)

Fig. 1. The map of Vologda region and Babayevsky District. (On the left is the territory of Russia and the neighboring countries; on the right – Vologda region with the highlighted territory of Babaevsky District in the west of the region. The dotted line indicates the conventional boundary between the central and southern taiga subzones. The black dot indicates the study area)

Район исследования приходится на границу средней и южной подзон тайги и занимает территорию, относящуюся к Вепсовско-Мегорской возвышенности и Молого-Судской низине. Участки исследования приурочены к кварталам (кв.) и выделам (в.) лесничеств: вырубка 2023 г. – КСХП «Колос» кв. 12, в. 16; вырубка 2021 г. – КСХП «Колос», кв. 5, в. 12; вырубка 2018 г. – КСХП «Колос», кв. 12, в. 15; вырубка 2013 г. – КСХП «Колос», кв. 29, в. 13–14; вырубка 2008 г. – Тимошенское лесничество, кв. 66, в. 47. Полевые исследования проводили в период с июля по август 2023 г., что обеспечило оптимальные условия для идентификации видов и оценки их обилия.

Хронологический диапазон в рамках данного исследования охватывал пять сроков сукцессии: свежие вырубки (2023 г.), вырубки двух-, пяти-, десяти- и пятнадцатилетней давности. Для установления референсных значений и оценки степени антропогенной трансформации фитоценозов были заложены пробные площади в прилегающих лесах в пределах тех же выделов, что и вырубки в лесоустроительных данных до рубки [Ниценко, 1961].

Методологический подход базировался на принципе пространственно-временных аналогий (space-for-time substitution), позволяющем реконструировать временную динамику растительности путем изучения пространственно распределенных участков различной давности нарушения [Александрова, 1964; Pickett, 1989]. Данная методика обеспечила возможность проведения сравнительного анализа сукцессионных изменений растительного покрова от интактных лесных экосистем до 15-летних послерубочных сообществ.

Пробные площади (ПП) были заложены на участках, где рубки осуществлялись с применением тяжелой лесозаготовительной техники, преимущественно валочно-пакетирующих машин, с последующей очисткой территории и сбором порубочных остатков. Всего было заложено 60 временных пробных площадей, из которых 45 – на вырубках и 15 – в прилегающем лесу (контроль), что обеспечило статистическую достоверность полученных данных. На каждой пробной площади размером 100 м² проводили геоботаническое описание. Описания выполняли на расстоянии не менее 30 м от экотонных зон (стен прилегающего леса или соседних вырубок) для минимизации краевого эффекта и обеспечения репрезентативности данных.

Экспериментальный дизайн включал следующие варианты: 1) рубки без оставления осин («Открытые») – имитация традиционной практики

сплошных рубок; 2) рубки с оставлением одиночных деревьев осины («Одиночные деревья») – до 7 особей на ПП, расстояние между деревьями не менее 7 м, сквозистость более 65%; 3) вырубки с оставлением куртин деревьев («Куртина») – до 10 деревьев на ПП, расстояние между стволами не более 3 м, сквозистость не более 65%; 4) прилегающий лес (контроль) – эталонные сообщества, представленные в первом ярусе елью *Picea abies* (L.) H.Karst. со средним диаметром 42 см и высотой 25 м (от 700 до 1100 экз./га), осиной со средним диаметром 54 см и высотой 22 м (не более 200, в среднем 53 экз./га). В составе древостоя также присутствуют *Betula pendula* Roth, 53 экз./га и *Alnus incana* (L.) Moench, 20 экз./га. Возраст древостоя составляет 80–100 лет, средняя сомкнутость крон 0,7.

Были изучены следующие параметры древостоя: ярусность; таксационные показатели (число деревьев, средний и максимальный диаметры стволов на высоте 1,3 м, средняя и максимальная высоты деревьев); жизненное состояние по шкале от 0 до 5 [Методы…, 2002]. Дендрометрические измерения проводили с использованием оптико-механического высотомера Suunto при базовом расстоянии 15 метров с точностью определения высоты деревьев до 0,5 м.

Оценка возобновления включала анализ подроста по следующим параметрам: количественный учет особей по категориям крупности (мелкий – до 0,5 м, средний – 0.5–1.5 м, крупный – 1.5–3 м, перспективный – более 3 м); качественное состояние по трёхбалльной шкале (хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное) на основе комплекса морфологических признаков. Для подлеска регистрировались проективное покрытие и высота (преобладающая и максимальная).

Результаты исследования.

1. Динамика жизненного состояния и структуры древостоя на вырубках ельников кисличных при различных вариантах сохранения Populus tremula.

Анализ сохраненного древесного яруса на вырубках ельников кисличных выявил существенные различия в жизненном состоянии древесных пород в зависимости от формы их сохранения и временного интервала после проведения лесозаготовительных мероприятий. На вырубках помимо специально оставленных деревьев *Populus tremula* в меньшей степени были представлены *Picea abies*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* L. и *Alnus incana*. Всего было обследовано 347 деревьев на вырубках и в прилегающих лесных массивах.

В ненарушенных лесных сообществах (контроль) преобладают преимущественно здоровые деревья (рис. 2a). Средние параметры *Picea abies* (80–100 лет) в ельниках кисличных составили: высота – 25 м, диаметр ствола – 42 см (максимум – 80 см).

На свежих вырубках (2023 г.) сохранились *Populus tremula*, а также единичные особи *Picea abies* и других древесных пород, оставленные для обеспечения естественного возобновления. Оставленные деревья демонстрировали здоровое состояние, аналогичное контролю (прилегающие к вырубкам ельники). Однако уже на 2–5-летних вырубках (2021 и 2018 гг. соответственно) отмечалось ухудшение состояния деревьев. У сохраненных хвойных пород наблюдалось выгорание хвои под воздействием прямого солнечного света, что являлось основной причиной их ослабления. К 10 годам после рубки (вырубки 2013 г.) среди деревьев преобладал свежий сухостой, а к 15 годам после лесозаготовительных мероприятий (2008 г.) практически все особи перешли в категорию старого сухостоя.

Анализ жизненного состояния отдельных древесных пород (рис. 2a) выявил различную динамику их устойчивости к изменившимся условиям среды. На свежих вырубках состояние семенных деревьев *Picea abies* несколько ухудшалось, но незначительно – до 2 баллов по шкале категорий жизненного состояния деревьев, примерно такой же уровень состояния сохранялся 5 лет. На вырубках давностью 10 лет в небольшом количестве (одиночные особи) присутствовал старый сухостой семенных елей, большинство особей этой породы перешло в категорию свежего сухостоя.

В отличие от ели, оставленные деревья *Populus tremula* демонстрировали большую устойчивость к изменившимся условиям. Заметное ухудшение состояния наблюдалось лишь к 10 годам, когда большинство особей переходило в категорию сухостоя. К 15 годам после рубки происходило полное выпадение осины в результате бурелома.

В рамках исследования анализировали влияние двух основных вариантов сохранения *Populus tremula* на вырубках – рубки с оставлением одиночных деревьев осин и рубки с оставлением куртины деревьев (рис. 2b). В куртинах совместно с осиной сохранялись отдельные экземпляры *Picea abies*, выполняющие роль семенников. Распределение между вариантами сохранения деревьев было неравномерным. При объединении данных за 15-летний период исследования и анализа в разрезе двух вариантов рубок было выявлено, что среднее жизненное состояние оставленных пород в группе одиночных деревьев составляло 3 балла, тогда как для куртин этот показатель составил 2,1 балла. Жизненное состояние *Populus tremula* при

варианте сохранения одиночных особей на вырубках было ниже, чем в варианте сохранения особей в куртинах.

Наиболее отчетливые различия в вариантах вырубок наблюдались у *Picea abies*. Густота ели при оставлении на открытых участках совместно с одиночными осинами составляла порядка 7 экземпляров на гектар, в то время как в куртинах осины густота ели составляла в среднем 87 экз./га. В куртинах жизненное состояние ели было лучше (2,2 балла) по сравнению с вариантом «одиночные деревья» (5 баллов).

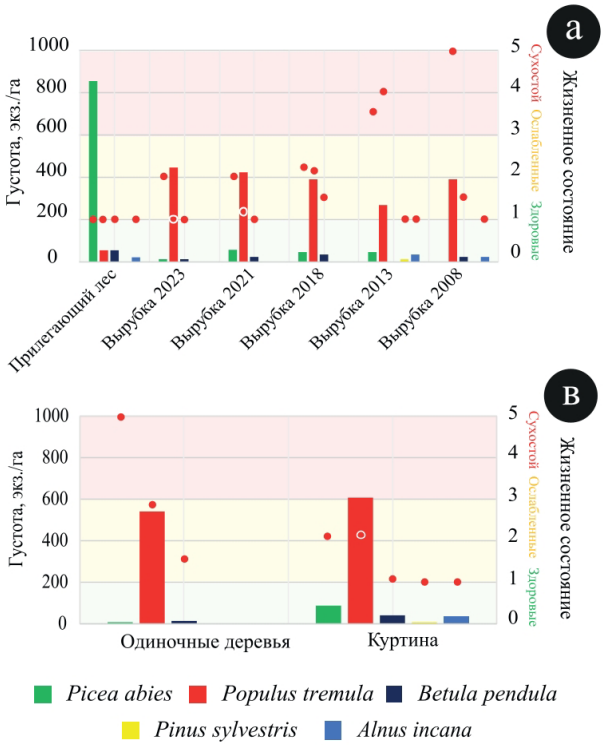

Рис. 2. Жизненное состояние (точки, правая ось ординат) и густота по элементам леса (столбцы, левая ось ординат) на вырубках разной давности (а) и с разным вариантом сохранения осины на вырубках (в) в ельниках кисличных

Fig. 2. The health state (points on the right ordinate axis) and the density of tree species (columns on the left ordinate axis) in clearcuts of varying ages (a) and with differing aspen conservation strategies (в) in wood sorrel-spruce forests

Остальные древесные породы, такие как *Pinus sylvestris*, *Alnus incana* и *Betula pendula*, несмотря на низкую густоту (единичные особи) на вырубках, демонстрировали относительно хорошее жизненное состояние, варьирующее от здоровых до ослабленных (1–2,4 балла). Вероятно, это связано с тем, что данные породы являются светолюбивыми и способны благоприятно переносить изменения освещения, связанные с вырубками. Однако следует учитывать, что низкая численность этих пород на исследуемых территориях затрудняет выявление четких закономерностей.

2. Влияние сохранения Populus tremula на динамику и структуру древесного подроста в условиях антропогенной трансформации вырубок.

Анализ полученных данных показал существенные различия в количественных и качественных характеристиках лесовозобновления в зависимости от способа сохранения древостоя и давности рубки в условиях ельников кисличных. На исследуемых пробных площадях было идентифицировано шесть видов древесных пород в категории подроста: *Alnus incana*, *Betula pendula*, *Betula pubescens* Ehrh., *Picea abies*, *Pinus sylvestris* и *Populus tremula*.

Динамика лесовозобновления демонстрировала характерные сукцессионные изменения (рис. 3а). На свежих вырубках доминировал подрост *Populus tremula* (66% от общей численности), при этом *Picea abies* занимала субдоминантное положение (24%). К двухлетней давности вырубки отмечено сохранение доли *Picea abies* – 22%. Значимые изменения в соотношении численности подроста *Populus tremula* и *Picea abies* в пользу ели зафиксированы на пятый год после рубки. На участках с 5-летней давностью рубки появляется, а на 10–15-летних вырубках становится обильной *A. incana* в составе подроста.

Анализ высотной структуры подроста выявил преобладание мелкого подроста (до 0,5 м) – 65% от общего количества. Доля среднего подроста составила 32%, высокого (более 3 м) – 3%. Наибольшая вариабельность по категориям состояния наблюдалась среди крупных особей, что может быть связано с кумулятивным эффектом длительного воздействия экологических факторов.

Количественный анализ густоты подроста выявил существенные различия между вариантами вырубок (рис. 3b). На участках с сохранением одиночных деревьев *Populus tremula* зафиксировано наибольшее количество подроста – 4420 экз./га. В лесах, прилегающих к вырубкам, отмечена несколько меньшая густота подроста – 4093 экз./га, тогда как на участках с куртинным сохранением древостоя наблюдалась минимальная густота – 3540 экз./га.

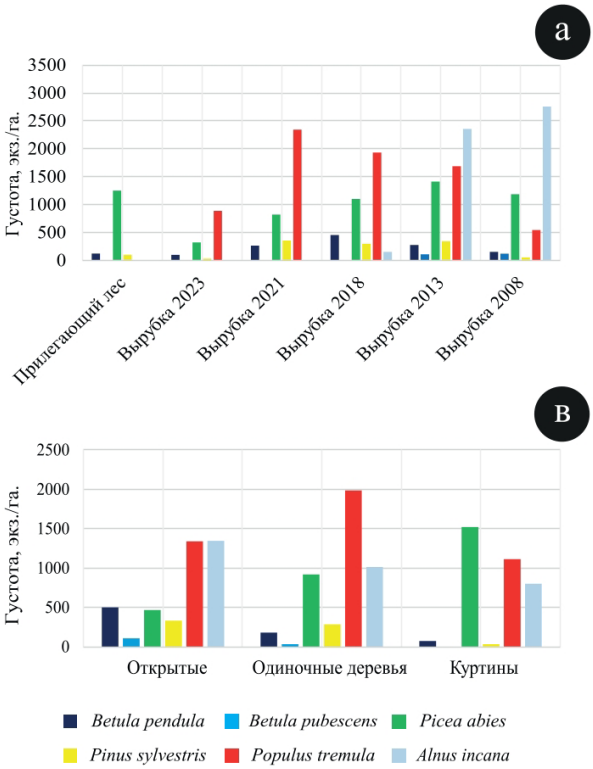

Рис. 3. Густота подроста на вырубках разной давности (а) и разных вариантах рубок (в) в ельниках кисличных

Fig. 3. The undergrowth quantity in the clearcuts of varying ages (a) and harvesting options (в) in wood sorrel-spruce forests

Примечательной особенностью является минимальная густота подроста *Populus tremula* на участках с куртинным сохранением древостоя, что, вероятно, связано с особенностями работы харвестера, минимизирующего механическое воздействие на корневые системы. В противоположность этому, на участках с сохранением одиночных деревьев наблюдалась наибольшая густота подроста, что может быть обусловлено механическим воздействием лесозаготовительной техники на корневую систему осины, стимулирующим процессы порослеобразования. Снижение густоты подроста осины на участках вырубок, где не были сохранены деревья, вероятно, обусловлено отсутствием взрослых особей осины на этих территориях до

момента проведения рубки, что исключает возможность последующего порослеобразования.

3. Влияние сохранения Populus tremula на видовой состав и обилие подлеска в условиях антропогенной трансформации вырубок

В ходе исследования динамики подлеска на 15-летних вырубках ельников кисличных выявлено 14 видов древесных растений: *Daphne mezereum* L., *Frangula alnus* Mill., *Juniperus communis* L., *Lonicera xylosteum* L., *Padus avium* Mill., *Ribes spicatum* E. Robson, *Rosa cinnamomea* L., *Rubus idaeus* L., *Salix aurita* L., *S. caprea* L., *S. pentandra* L., *S. triandra* L., *Sorbus aucuparia* L., *Viburnum opulus* L. Все идентифицированные особи характеризовались высоким жизненным состоянием, без признаков патологий и повреждений.

Анализ динамики и структуры подлеска в зависимости от варианта сохранения *Populus tremula* показал существенные различия (рис. 4a, b). На открытых вырубках (без сохранения осины) общая сомкнутость подлеска составила 22%. В первые годы после рубки наблюдалось значительное обеднение видового состава, присутствовали только три вида (*Juniperus communis*, *Rubus idaeus* и *Sorbus aucuparia*). К пятому году после рубки зафиксировано максимальное видовое разнообразие, появились *Ribes spicatum*, *Padus avium*, *Salix pentandra* и *S. triandra*.

Особый интерес представляет динамика доминирующих видов подлеска – *Rubus idaeus* и *Sorbus aucuparia*. Малина обыкновенная демонстрировала выраженную стадийность развития: на свежих вырубках проективное покрытие составляло до 2% с преобладанием ювенильных и имматурных особей высотой до 30 см. К двухлетнему возрасту вырубки популяция перешла преимущественно в виргинильное состояние, проективное покрытие возросло до 5% при 100% встречаемости. На пятилетних вырубках сформировалась нормальная неполночленная ценопопуляция с проективным покрытием до 10%. К 10–15-му году наблюдалось снижение обилия вплоть до полного исчезновения вида. Это соответствует данным с южной границы южной тайги [Давлетшина, Уланова, 1996].

Sorbus aucuparia показала иную динамику. В прилегающих ельниках кисличных проективное покрытие рябины составляло 2%. На ранней стадии колонизации (0–2 года) встречаемость достигала 90–100%. В период активного роста (2–5 лет) проективное покрытие увеличилось до 10%. Стадия стабилизации (5–10 лет) характеризовалась максимальными значениями численности. На стадии конкуренции (10–15 лет) средняя высота экземпляров достигала 4,5 м при максимальной высоте 8 м.

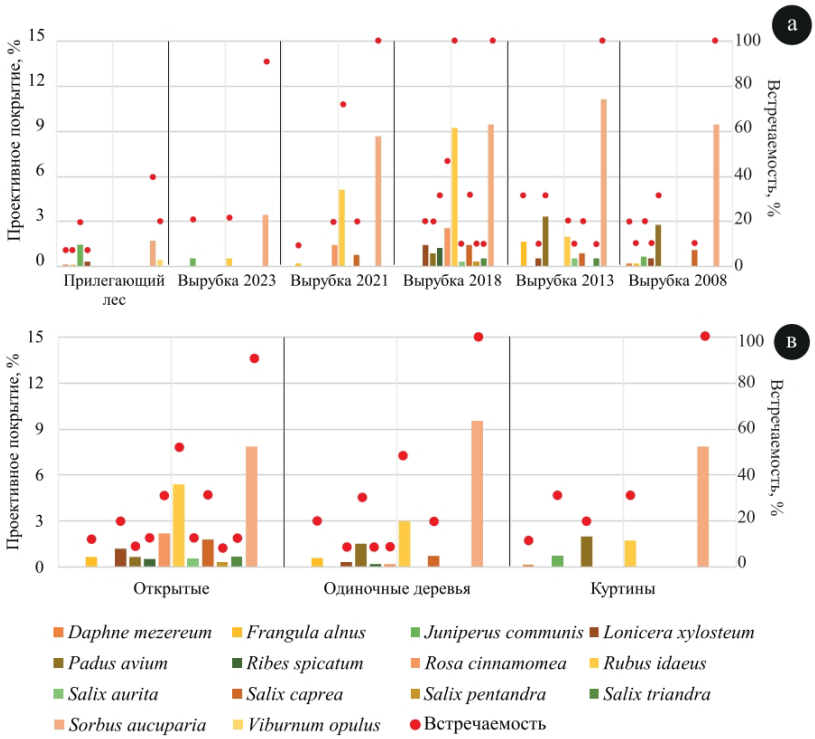

Рис. 4. Проективное покрытие и встречаемость видов подлеска на вырубках разной давности (а) и варианта рубки (в) ельников кисличных

Fig. 4. The coverage and constancy of undergrowth species in clearcuts of different age (a) and harvesting type (в) of wood sorrel-spruce forests

Наибольшие различия в структуре подлеска проявились между открытыми вырубками и участками с сохранением куртин осины. В куртинах формировались условия, близкие к типично лесной среде, что способствовало сохранению сциофитных видов. На открытых участках доминировали светолюбивые виды, особенно представители рода *Salix*, формирующие пионерные группировки.

Обсуждение. Проведенное исследование позволило выявить воздействие различных способов сохранения *Populus tremula* на динамику древесных компонентов (до 15 лет) в бывших ельниках кисличных. Результаты подтверждают ряд существующих закономерностей лесовосстановительных

сукцессий и демонстрируют новые аспекты структурно-функциональной организации формирующихся фитоценозов.

Подтверждаются закономерности сукцессий после сплошных рубок в ельниках кисличных, которые были описаны в работах Федорчука с соавторами [Федорчук, Кузнецова, 1995; Федорчук и др., 2005] и основаны на данных постоянных пробных площадей в таежных лесах средней и южной подзоны Ленинградской области. Установлено, что наиболее существенные изменения в структуре древостоя происходят через 3–6 лет после рубки, что в нашем случае проявляется в значительном изменении соотношения подроста *Populus tremula* и *Picea abies* на пятый год.

Исследование подтвердило уязвимость одиночных семенников *Picea abies* на вырубках [Кузьмин, 1961]. Выявленный ускоренный отпад в ельниках кисличных, где полный переход в категорию сухостоя происходит за 2–5 лет, свидетельствует о более интенсивной динамике деградации по сравнению с лесорастительными условиями ельников черничных. Данное различие может быть обусловлено эдафическими особенностями типов леса и спецификой изменений гидрологического режима. Принципиально важным результатом является эффект куртин *Populus tremula*, формирующих благоприятный микроклимат для выживаемости подроста *Picea abies*. Это соответствует концепции «растения-няни» [Гиляров, 1990; Миркин, Наумова, 2011], где осина выступает эдификатором, поддерживающим теневыносливые виды.

Анализ динамики возобновления выявил сложную картину временной и пространственной гетерогенности сукцессионных процессов. Доминирование мягколиственных пород в начальный период (70% от общего количества подроста) соответствует концепции начального флористического состава и подтверждает выводы [Морозов, 1912; Бурова и др., 2011]. Взаимосвязь между долевым участием *Populus tremula* и *Picea abies* в составе формирующихся насаждений определяется значимой отрицательной корреляцией ($r=-0{,}637$; $p<0{,}05$). Дисперсионный анализ ($F=8{,}90$; $p<0{,}001$) показал существенные различия в количестве подроста ели на разных стадиях восстановления. Апостериорный анализ по критерию Тьюки выявил значимое увеличение количества подроста ели после 10 лет по сравнению со свежими вырубками ($p<0{,}001$). При этом наиболее существенные различия наблюдались между свежими вырубками и контрольными участками ($p<0{,}001$), что может говорить о постепенном восстановлении елового подроста. Период 2–5 лет характеризуется как переходный, без значимых различий с другими стадиями восстановления, за исключением контроля

($p<0,05$). Такая динамика указывает на то, что преобладание подроста осины на ранних стадиях закономерно сменяется преобладанием подроста ели, особенно на участках, где были оставлены куртины деревьев.

Следует предположить, что полная расчистка вырубки стимулирует порослеобразование осины за счет механического повреждения корней при лесозаготовке. В то же время сохраненные деревья (одиночные или куртинные) характеризуются пониженной порослевой активностью, что связано с минимизацией воздействия лесозаготовительной техники на почву и оставляемый древостой вблизи этих деревьев. Важно отметить, что присутствие сохраненных деревьев создает благоприятные условия для успешного поселения и выживания подроста *Picea abies*. С увеличением количества сохраненных деревьев осины в составе возобновления начинает преобладать подрост ели.

Особого внимания заслуживает густота *Alnus incana* в составе подроста на 5–15-летних вырубках. Этот вид часто заселяет рыхлые и влажные, но хорошо аэрируемые почвы, что может свидетельствовать о процессах изменения гидрологического режима участка. Данный феномен требует дальнейшего изучения в контексте экосистемного инжиниринга после нарушений. В отличие от зарастающих серой ольхой лугов, где *Alnus incana* часто негативно влияет на возобновление ели [Тиходеева, Лебедева, 2012], на вырубках серая ольха не образует таких плотных зарослей, и к 15 годам после рубки ельника кисличного густота ее подроста снижается.

Наблюдаемые различия в видовом составе подлеска в зависимости от способа сохранения *Populus tremula* отражают влияние условий среды на выживание и развитие различных видов. Максимальное видовое разнообразие (14 видов) на открытых участках можно объяснить теорией умеренных нарушений, согласно которой частичное нарушение экосистемы создает благоприятные условия для сосуществования большего числа видов. В то же время, снижение числа видов до 5–8 в вариантах с сохранением осины указывает на более строгий отбор видов, способных существовать в условиях конкуренции с сохраненным древостоем за свет и почвенные ресурсы. Наибольшая доступность для вселения анемохорных видов (ивы) и наименьшее подавление подлеска древостоем в сочетании с подростом наблюдается на открытых вырубках. Виды подлеска демонстрируют разнообразие жизненных стратегий – от типичной r-стратегии с быстрым разрастанием на вырубке и резким сокращением обилия к стадии с достаточно густым и высоким подростом деревьев на 10–15-летних вырубках как у малины до стратегий, сочетающих относительно высокую конкурентоспо-

собность в пределах яруса и устойчивость к сильному затенению (KS-стратегия у рябины).

Через 15 лет после рубки на открытых участках и при сохранении одиночных осин доля подроста *Populus tremula* составляет около 66% от численности елового подроста. На площадках с куртинным сохранением деревьев численность подроста осины в 4 раза ниже, чем подроста ели. Таким образом, сохранение осины с отдельными экземплярами ели при сплошной рубке (>50% древостоя) способствует формированию елового древостоя с минимальной примесью мелколиственных пород.

Сплошная рубка без сохранения осины, при отсутствии систематического ухода или предварительной обработки арборицидами, приводит к формированию смешанного древостоя с существенной долей мелколиственных пород к моменту достижения спелого возраста. При этом важно учитывать, что сохраненные старые осины к моменту рубки нового древостоя исключаются из его состава вследствие достижения предельного возраста и снижения устойчивости к ветровым нагрузкам.

Полученные результаты позволяют рекомендовать при проведении рубок в ельниках кисличных куртинный способ сохранения *Populus tremula*, который является наиболее эффективным для поддержания популяционной устойчивости *Picea abies* и сохранения типично лесных видов подлеска.

Дальнейшие исследования целесообразно сфокусировать на следующих аспектах:

1. Изучение механизмов взаимодействий в системе «сохраненный древостой – подрост – подлесок» на вырубках;

2. Количественная оценка пространственной гетерогенности микроклиматических и эдафических условий в различных вариантах сохранения *Populus tremula*;

3. Долгосрочный мониторинг гидрологического режима и процессов гидроморфизации почв на вырубках;

4. Сравнительный анализ эффективности различных схем пространственного размещения сохраняемых деревьев.

Комплексная реализация данных направлений исследований позволит углубить понимание механизмов восстановления бореальных лесных экосистем и оптимизировать практики устойчивого лесопользования.

Заключение. Проведенное исследование влияния сохранения *Populus tremula* на динамику древесных компонентов в ельниках кисличных позволило выявить ряд существенных закономерностей, имеющих как теоретическое, так и практическое значение для лесной экологии и лесного хозяйства.

Установлено дифференцированное влияние способов сохранения древостоя на выживаемость *Picea abies*. Сохранение одиночных еловых семенников на открытых участках вырубок демонстрирует крайне низкую эффективность, приводя к их полному отпаду в течение первых 2–5 лет. Напротив, куртинное сохранение осины обеспечивает выживание еловых семенников до 10 лет, что достаточно для реализации их репродуктивной функции в процессе лесовосстановления.

В структуре подроста в первое пятилетие доминируют мягколиственные породы (около 70% состава) с последующей сменой доминантов к 10-летнему рубежу, где отмечено увеличение участия *Alnus incana* при одновременном снижении обилия *Betula* spp. и *Populus tremula*. Подтверждена гипотеза о повышенной успешности возобновления и выживаемости подроста *Picea abies* в условиях умеренного затенения куртинами осины.

Документирована структурная реорганизация подлеска, характеризующаяся максимальным видовым разнообразием на открытых участках вырубок (14 видов) и его закономерным снижением в вариантах с сохранением элементов древостоя. При этом сохранение осин в небольших куртинах способствует поддержанию популяций типично лесных видов подлеска.

Прослежены видоспецифические траектории развития ключевых компонентов подлеска: r-стратегия *Rubus idaeus* с пиком обилия в первые годы и последующим снижением к 15-летнему рубежу, и KS-стратегия *Sorbus aucuparia* с постепенным увеличением численности и формированием устойчивых популяций на богатых почвах.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности куртинного способа сохранения *Populus tremula* как инструмента поддержания структурной и функциональной связности лесных экосистем в процессе их естественного лесовосстановления. Данный подход обеспечивает оптимальный баланс между хозяйственным использованием лесных ресурсов и сохранением экологической целостности бореальных лесных сообществ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Александрова В.Д. Изучение смен растительного покрова // Полеввая геоботаника. М.-Л., 1964. Т. 3. С. 300–447.

Багаев С.С., *Багаев Е.С.*, *Дудин В.А.* Об оставлении на корню перестойной осины при проведении сплошных рубок в смешанных древостоях // Лесохозяйственная информация. 2016. № 3. С. 107–114.

Бурова Н.В., *Рай Е.А.*, *Шаврина Е.В.* Особенности естественного возобновления в ельниках черничных среднетаежной подзоны после сплошных рубок // Arctic Environmental Research. 2011. № 1. С. 27–31.

Гиляров А.М. Популяционная экология: учеб. пос. М.: МГУ, 1990. 191 с.

Говорушко С.М. Экологические последствия лесозаготовок // ИВУЗ. Лесной журнал. 2014. № 1 (337). С. 45–53.

Давлетшина Г.Т., *Уланова Н.Г.* Малина обыкновенная // Биологическая флора Московской области. М., 1996. № 12. С. 89–112.

Крышень А.М. Механизмы развития и устойчивости лесных растительных сообществ // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. СПб., 2011. С. 116–119.

Крышень А.М., *Гнатюк Е.П.* Разнообразие растительных сообществ вырубок Карелии // Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты. Петрозаводск, 2004. С. 178–182.

Кузьмин И.А. К вопросу об эффективности обсеменителей на вырубках ельников-черничников // Труды Карельского филиала АН СССР. 1961. № 25. С. 59–66.

Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.

Миркин Б.М., *Наумова Л.Г.* Краткий курс общей экологии. Часть I: Экология видов и популяций: учеб. Уфа: БГПУ, 2011. 206 с.

Морозов Г.Ф. Учение о лесе. Вып. 1. Введение в биологию леса. СПб., 1912. 183 с.

Ниценко А.А. Изменение естественной растительности Ленинградской области под влиянием человека. Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. 51 с.

Мартынов А.Н., *Мельников Е.С.*, *Ковязин В.Ф.*, *Аникин А.С.*, *Минаев В.Н.*, *Беляева Н.В.* Основы лесного хозяйства и таксация леса: учеб. пос. СПб.: Лань, 2008. 372 с.

Тиходеева М.Ю., *Лебедева В.Х.* Восстановление лесной растительности на месте суходольных лугов // Изв. Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, №1(5). С. 1383–1386.

Федорчук В.Н., *Кузнецова М.Л.* Изменение показателей лесных биогеоценозов на начальных этапах восстановительной сукцессии после сплошных рубок (по материалам постоянных наблюдений) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Биология. 1995. Т. 100, № 2. С. 85–99.

Федорчук В.Н., *Нешатаев Ю.В.*, *Кузнецова М.Л.* Лесные экосистемы северо-западных районов России. Типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб., 2005. 382 с.

Martínez Pastur G.J., *Vanha-Majamaa I.*, *Franklin J.F.*. Ecological perspectives on variable retention forestry // Ecological processes. 2020. Vol. 9. Art. no. 12.

Pickett S.T.A. Space-for-Time Substitution as an Alternative to Long-Term Studies // Long-Term Studies in Ecology / ed. by G. E. Likens. NYC, 1989. P. 110–135.

References

Aleksandrova V.D. Izuchenie smen rastitel'nogo pokrova. *Polevaya geobotanika*. Moscow-Leningrad, 1964, vol. 3, pp. 300–447. (In Russ.)

Bagaev S.S., *Bagaev E.S.*, *Dudin V.A.* Ob ostavlenii na kornyu perestojnoj osiny pri provedenii sploshnykh rubok v smeshannykh drevostoyakh. *Lesokhozyajstvennaya informatsiya*, 2016, vol. 3, pp. 107–114. (In Russ.)

Burova N.V., *Raj E.A.*, *Shavrina E.V.* Osobennosti estestvennogo vozobnovleniya v el'nikakh chernichnykh srednetaezhnoj podzony posle sploshnykh rubok. *Arctic Environmental Research*, 2011, vol. 1, pp. 27–31. (In Russ.)

Davletshina G.T., *Ulanova N.G.* Malina obyknovennaya. *Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti*. Moscow, 1996, iss. 12, pp. 89–112. (In Russ.)

Fedorchuk V.N., *Kuznetsova M.L.* Izmenenie pokazatelej lesnykh biogeotsenozov na nachal'nykh etapakh vosstanovitel'noj suktsessii posle sploshnykh rubok (po materialam postoyannykh nablyudenij). *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. Otd. Biologiya*, 1995, vol. 100, no. 2, pp. 85–99. (In Russ.)

Fedorchuk V.N., *Neshataev V.Yu.*, *Kuznetsova M.L.* Lesnye ekosistemy severo-zapadnykh rajonov Rossii. Tipologiya, dinamika, khozyajstvennye osobennosti. St. Petersburg, 2005. 382 p. (In Russ.)

Gilyarov A.M. Populyatsionnaya ekologiya: ucheb. pos. Moscow: MSU, 1990. 191 p. (In Russ.)

Govorushko S.M. Ekologicheskie posledstviya lesozagotovok. *IVUZ. Lesnoj zhurnal*, 2014, vol. 1 (337), pp. 45–53. (In Russ.)

Kryshen' A.M. Mekhanizmy razvitiya i ustojchivosti lesnykh rastitel'nykh soobshchestv. *Otechestvennaya geobotanika: osnovnye vekhi i perspektivy*. St. Petesrburg, 2011, pp. 116–119. (In Russ.)

Kryshen' A.M., *Gnatyuk E.P.* Raznoobrazie rastitel'nykh soobshchestv vyrubok Karelii. *Antropogennaya transformatsiya taezhnykh ekosistem Evropy: ekologicheskie*, *resursnye i khozyajstvennye aspekty*. Petrozavodsk, 2004, pp. 178–182. (In Russ.)

Kuz'min I.A. K voprosu ob effektivnosti obsemenitelej na vyrubkakh el'nikov-chernichnikov. *Trudy Karel'skogo filiala AN SSSR*, 1961, vol. 25, pp. 59–66. (In Russ.)

Martínez Pastur G.J., *Vanha-Majamaa I.*, *Franklin J.F.* Ecological perspectives on variable retention forestry. *Ecological processes*, 2020, vol. 9, art. no. 12.

Martynov A.S., *Mel'nikov E.N.*, *Kovyazin V.F.*, *Anikin A.S.*, *Minaev V.N.*, *Belyaeva N.V.* Osnovy lesnogo khozyajstva i taksatsiya lesa: ucheb. pos. St. Petersburg: Lan', 2008. 372 p. (In Russ.)

Metody izucheniya lesnykh soobshchestv. St. Petersburg: NIIKHimii SPbGU, 2002. 240 p. (In Russ.)

Mirkin B.M., *Naumova L.G.* Kratkij kurs obshchej ekologii. Chast' I: Ekologiya vidov i populyatsij: ucheb. Ufa: BSPU, 2011. 206 p. (In Russ.)

Morozov G.F. Uchenie o lese. Vypusk 1. Vvedenie v biologiyu lesa. St. Petersburg, 1912. 183 p. (In Russ.)

Nitsenko A.A. Izmenenie estestvennoj rastitel'nosti Leningradskoj oblasti pod vliyaniem cheloveka. Leningrad: Izd-vo LSU, 1961. 51 p. (In Russ.)

Pickett S.T.A. Space-for-Time Substitution as an Alternative to Long-Term Studies. *Long-Term Studies in Ecology* / ed. by G. E. Likens. New York City, 1989, pp. 110–135.

Tikhodeeva M.U., *Lebedeva V.Kh.* Vosstanovlenie lesnoj rastitel'nosti na meste sukhodol'nykh lugov. *Izv. Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2012, vol. 14, iss. 1(5), pp. 1383–1386. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 11.11.2024

Трошин Д.С., Мирин Д.М. Влияние сохранения *Populus tremula* на вырубках ельников кисличных на динамику древесных компонентов в течение 15 лет // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 255. С. 37–54. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.37-54

Исследование посвящено оценке влияния сохранения *Populus tremula* на динамику древесной растительности 15-летних вырубок в ельниках кисличных Вологодской области при изучении автогенной сукцессии и естественного лесовосстановления. Методика включала закладку 60 пробных площадей на вырубках и в прилегающих лесах с различными вариантами сохранения осины: одиночными деревьями, куртинами и без сохранения. Проведен комплексный анализ структуры древостоя, жизненного состояния древесных компонентов и характеристик подроста. Результаты демонстрируют положительное влияние сохранения осины на ускорение процессов лесовозобновления и создание благоприятных условий для развития теневыносливых видов, преимущественно *Picea abies*. Максимальная эффективность в поддержании древесного разнообразия и оптимизации микроклиматических условий отмечена при куртинном сохранении осины. Зафиксировано снижение жизненного состояния осины и ели с увеличением постэксплуатационного периода, при этом деревья в куртинах характеризовались более высокими показателями жизненности по сравнению с одиночными экземплярами. Анализ подроста выявил доминирование мягколиственных пород на ранних стадиях сукцессии с последующим повышением доли теневыносливых видов. Исследование подтверждает значимость ретенционного лесоводства для сохранения биологического разнообразия и восстановления лесных экосистем после сплошных рубок.

Ключевые слова: лесовосстановительная сукцессия, видовое разнообразие, постэксплуатационная динамика, естественное возобновление, бореальные леса.

Troshin D.S., Mirin D.M. Impact of *Populus tremula* conservation on the dynamics of tree components of 15-year clearcuts. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoj Akademii*, 2025, iss. 255, pp. 37–54 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.37-54

The present study is devoted to the assessment of the impact of *Populus tremula* conservation on the dynamics of woody vegetation in 15-year-old clearcuts in wood sorrel-spruce forests of the Vologda region. The objective is to examine autogenous succession and natural regeneration. The methodology involved the establishment of 60 sample plots on clear-cuts and in adjacent forests with varying aspen preservation strategies, including single trees, clumps, and no preservation. A comprehensive analysis of stand structure, the vital state of tree components and undergrowth characteristics was conducted. The findings illustrate the beneficial impact of aspen conservation on the acceleration of reforestation processes and the establishment of favourable conditions for the growth of shade-tolerant species, particularly *Picea abies*. The greatest efficacy in maintaining tree diversity and optimizing microclimatic conditions was observed in the conservation of aspen in clumps. A decline in the vitality of aspen and spruce was observed with increasing post-exploitation periods, while trees in clusters exhibited higher vitality indices compared to single specimens. The undergrowth analysis revealed the dominance of soft-leaved species in the early stages of succession, with a subsequent increase in the proportion of shade-tolerant species. The findings confirm the importance of retention silviculture for biodiversity conservation and restoration of forest ecosystems after clear-cutting.

Keywords: forest regeneration succession, species diversity, post-exploitation dynamics, natural regeneration, boreal forests.

ТРОШИН Дмитрий Сергеевич – аспирант, старший преподаватель Череповецкого государственного университета. SPIN-код: 3483-6675. ORCID: 0000-0002-0719-0981.

162600, пр. Луначарского, д. 5. г. Череповец, Вологодская обл., Россия. E-mail: troshin1515@mail.ru

TROSHIN Dmitriy S. – PhD student, Senior Lecturer, Cherepovets State University. SPIN-code: 3483-6675. ORCID: 0000-0002-0719-0981.

162600. Lunacharskogo av. 5. Cherepovets. Vologda region. Russia. E-mail: troshin1515@mail.ru

МИРИН Денис Моисеевич – заведующий кафедрой геоботаники и экологии растений Санкт-Петербургского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент. ORCID: 0000-0001-5876-7456.

199034, Университетская наб., д. 7/9, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: mirin_denis@mail.ru

MIRIN Denis M. – PhD (Biological), Head of the Department of Geobotany and Plant Ecology, St. Petersburg State University, Associate Professor. ORCID: 0000-0001-5876-7456.

199034. Universitetskaya emb. 7/9. St. Petersburg. Russia. E-mail: mi-rin_denis@mail.ru